INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ETAT A GEMBLOUX

TOME XXIII, n° 4. 1955

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

IMPRIMERIE G. I. C.
61, Av. de la Liberté, 61
BRUXELLES

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
30 APR 1956

Sommaire

BONNIER, C. — La conservation du *Rhizobium* en sols stériles . . . 359
(*Rhizobium* spécifique des *Trifolium*).

CASIMIR, J. et DETROUX, L. — L'effet de l'humidité, de la température et des désinfectants sur les acides aminés libres du froment 368

DEMORTIER, G. — Théorie relative à la formation des plissements alpins et à la genèse des continents et des océans actuels 378

PIQUER, G. — Utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage des plants de tomate en hiver 430

Note. — MANIL, P. et BONNIER, C. — Note concernant l'inoculation des semences de *Trifolium pratense* (Trèfle violet) en Belgique 456

Livres reçus 458

TABLE DES MATIERES. — Tome XXIII, n^os^ 1, 2, 3 et 4 459

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent numéro : 60 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Etablissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.

b) Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Livres reçus ».

Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite sans autorisation du Comité de Rédaction.

INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ETAT A GEMBLOUX

TOME XXIII, n° 4. 1955

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

IMPRIMERIE G. I. C.
61, Av. de la Liberté, 61
B R U X E L L E S

La conservation du *Rhizobium* en sols stériles (*Rhizobium* spécifique des *Trifolium*)

par

Charles BONNIER (*)

INTRODUCTION

En conservant une souche déterminée de *Rhizobium* dans un sol sablonneux stérile, NUTMAN (1) obtint des variants « ineffectifs » en proportion considérable.

Nous nous sommes demandés si, de la même manière, il n'y aurait pas intérêt à conserver des souches de *Rhizobium* sur des sols d'origines diverses.

Le but de l'essai est double :

1) obtenir éventuellement de nouveaux types de *Rhizobium*,

2) permettre, si possible, une différenciation nette des sols utilisés.

Ce second point surtout est d'importance.

On connait relativement peu de chose au sujet du comportement dans différents types de sols, de souches diverses de *Rhizobium*. En raison de leur importance économique cependant, de telles observations pourraient être utilement poursuivies. Le problème de l'inoculation des semences de Légumineuses dans la pratique agricole notamment serait plus facilement résolu, sous certains aspects, si nous connaissions le comportement de souches diverses, dans différents types de sols.

A un autre point de vue encore, la différenciation nette des types de sols est d'une grande utilité. En effet, l'agrobiologiste est intéressé au plus haut point à l'étude de l'influence des conditions de sol sur les activités microbiennes. Ce sont ces connaissances en effet qui doivent nous permettre de compléter les données dont nous disposons pour juger efficacement de la valeur d'un sol, aussi bien que pour envisager éventuellement les traitements à effectuer pour le modifier dans un sens favorable.

(*) Associé du Fonds National Belge de la Recherche Scientifique.

Ce que nous cherchons en somme, ce sont des indices de la fertilité, capables de nous renseigner sans qu'il soit nécessaire d'utiliser la plante, qui reste le test idéal évidemment.

C'est dans cet esprit que nous avons entamé cette étude, dont nous livrons ici les premiers résultats.

MATERIEL ET METHODES

Souche : nous avons utilisé pour cet essai une seule souche de *Rhizobium*, spécifique des *Trifolium*. Il s'agit d'une souche indexée S. 50, isolée en Belgique et particulièrement active comme fixatrice d'azote. Aussi loin que nous puissions en juger, aucune variation de cette souche ne s'est jamais produite, ni à la suite de nombreux repiquages effectués au laboratoire, ni au cours de nombreux passages sur *Trifolium*.

Sols : 8 sols ou substrats ont été utilisés pour la conservation de la souche de *Rhizobium* S. 50. Nous avons choisi :

1 : loess prélevé à une profondeur de 1,5 à 2 m, dans une parcelle cultivée, de haute productivité, dont la description pédologique a été faite par G. Manil (2). Le pH de ce loess est de 6,2.

2 : sol de pH 6,8, prélevé de 0 à 10 cm, dans un jardin cultivé, qui reçoit régulièrement une fumure organique.

3 : sol prélevé également de 0 à 10 cm dans le même jardin cultivé, mais dans une partie qui ne reçoit aucune fumure organique. (pH : 5,7).

4 : sol prélevé de 0 à 10 cm dans une parcelle de *Trifolium pratense*, inoculée au moyen de la souche S. 50. La parcelle est située à proximité de celle dont la description pédologique est rapportée au 1 ci-dessus. Le pH du sol était de 6.

5 : sol prélevé de 0 à 10 cm dans une prairie fauchée et non fumée. (pH : 6,3).

6 : sol prélevé de 0 à 10 cm, sous *Alnus glutinosus* et comprenant la couverture morte et une partie de l'horizon humifère. Le pH est ici de 6,3.

7 : sol prélevé de 0 à 10 cm, sous un *Sequoia gigantea* d'arboretum et comprenant ici également la couverture morte et une partie de l'horizon humifère. Le pH est 5.
Les stations 6 et 7 sont voisines et ne diffèrent que par l'essence qui y croît.

8 : sable blanc de pH 5,8.

Ces différents échantillons furent passés au tamis de 1 mm et répartis, à raison de 10 grammes par tube, dans des tubes à essai de 25 mm

de diamètre et de 170 mm de hauteur. Les tubes étaient bouchés à l'ouate et stérilisés à 120° pendant une heure, deux fois à 24 heures d'intervalle.

Pour chaque substrat, 4 tubes ont été ainsi préparés, qui reçurent chacun 5 cc d'une suspension aqueuse de *Rhizobium trifolii* S. 50, titrant environ 50.000.000 de germes au cc. Les paniers contenant les tubes furent ensuite placés à l'obscurité, pendant 8 mois, dans un endroit sec, à l'abri des infections. Après quelques semaines déjà, les substrats étaient complètement desséchés.

A trois reprises, des prélèvements moyens de 1 gr ont été effectués dans chaque tube. Sur chacun de ces prélèvements, un comptage a été opéré, par la méthode classique des dilutions en eau stérile. Les cultures se faisaient sur le milieu de WRIGHT (3), qui convient particulièrement aux *Rhizobium*.

En plus de ces comptages, destinés à nous renseigner sur l'évolution de la population *Rhizobium* dans chacun des substrats, un certain nombre de souches ont été isolées à partir des plaques obtenues. Ces souches furent examinées quant aux caractères macroscopiques et microscopiques et inoculées à de jeunes plantules de *Trifolium pratense* et *Trifolium repens* cultivées aseptiquement sur milieu minéral dépourvu d'azote (4). Ces diverses opérations devaient nous renseigner sur les variations éventuelles subies par le *Rhizobium*, après conservation sur les différents substrats.

RESULTATS ET DISCUSSION

A. — *Le premier prélèvement a été effectué après 3 mois de conservation. Les trois opérations suivantes ont donc été réalisées :*

1 : Comptage des *Rhizobium* dans le substrat
2 : Isolement de souches et examen
3 : Inoculation à de jeunes plantules.

1. Comptage

Lorsqu'on désire effectuer un comptage de microgermes par la méthode des dilutions, à partir d'un milieu comme le sol, il importe de ne pas négliger le « trempage » de l'échantillon. En effet, l'échantillon de sol (1 g dans ce cas) est mis en suspension dans 10 cc d'eau stérile. A partir de ce premier tube, un cc est prélevé et placé dans un second tube de 10 cc et ainsi progressivement jusqu'à dilution suffisante. On ne peut effectuer de prélèvement à partir de la première suspension qu'après un certain temps. En effet, l'échantillon de sol ne se délite pas toujours instantanément et, au moment de la suspension, de nombreux germes restent agglomérés aux particules de terre. L'expérience l'a prouvé (5).

Nous basant sur ces essais antérieurs, nous avons, uniformément, observé une durée de trempage de 4 heures, c'est-à-dire que les dilutions proprement dites n'étaient réalisées que 4 heures après le placement de l'échantillon de sol dans le premier tube d'eau stérile. Pendant cet intervalle, les tubes sont agités périodiquement et uniformément, de façon à remettre en suspension les particules de terre qui se sont déposées.

TABLE 1

Nombre de bactéries par gramme de substrat, après 3 mois de conservation

Substrat	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
1. Loess, pH : 6,2	5.000	12.000	3.000	4.000
2. Jardin cultivé, fumé, pH : 6,8 . .	540.000	425.000	630.000	920.000
3. Jardin cultivé, non fumé, pH : 5,7	110.000	60.000	85.000	62.000
4. Trèflière, pH : 6	20.000	30.000	19.000	26.500
5. Prairie fauchée, pH : 6,3	245.000	397.000	280.000	295.000
6. Sous *Alnus*, pH : 6,3	1.830.000	2.510.000	2.145.000	2.820.000
7. Sous *Sequoia*, pH : 5	3.000	1.000	800	1.500
8. Sable blanc, pH : 5,8	15.000	8.000	6.000	11.000

Pour chaque substrat, les chiffres de chacun des tubes ont été calculés en nous basant sur les résultats obtenus au moyen des diverses dilutions.

A l'examen de ces chiffres, on constate :

a) une chute assez forte, dans tous les cas, du nombre initial de microgermes. En effet, les tubes contiennent 10 g de substrat et ont reçu 5 cc d'une suspension contenant 50.000.000 de germes vivants au cc, soit au total 250.000.000 de microorganismes. Lors de l'ensemencement, chaque gramme de substrat contenait donc 25.000.000 de bactéries. Le chiffre le plus élevé obtenu après trois mois de conservation est de 2.820.000.

b) une régularité relative des chiffres donnés par les 4 tubes. Les 4 répétitions donnent des résultats qui peuvent être considérés comme satisfaisants, puisque, dans chaque cas, le nombre obtenu est, très nettement, du même ordre de grandeur.

c) une grande variation d'un substrat à l'autre. De l'ordre du millier pour le substrat 7, le chiffre relevé est de l'ordre du million pour le substrat 6.

d) le nombre de microgermes subsistant après trois mois de conservation n'est pas étroitement lié au pH du substrat. Le chiffre le plus fort n'est pas observé pour le substrat dont le pH est le plus élevé. Le pH n'est donc certainement pas le seul facteur en cause, au point de vue conservation.

2. Isolement de souches et examen

Pour chacun des 8 substrats, 4 souches ont été isolées, à partir de chacun des 4 tubes, constituant les 4 répétitions. Au total, nous avons donc obtenu 128 souches de *Rhizobium*.

Un examen macroscopique et microscopique de ces 128 souches, variant donc entre-elles uniquement par la nature du substrat sur lequel elles furent conservées, n'a révélé aucune différence appréciable.

3. Inoculation à de jeunes plantules

L'inoculation à de jeunes plantules cultivées aseptiquement constitue le seul moyen de déceler l'apparition éventuelle de mutants « ineffectifs » parmi les souches isolées.

Pour chacun des 4 tubes des 8 substrats, nous avons pris au hasard une souche, parmi les 4 isolées. Nous disposions ainsi de 32 souches dont chacune fut inoculée à 3 plantules de *Trifolium pratense* et à 3 plantules de *Trifolium repens*, cultivées aseptiquement. Nos moyens matériels ne nous ont pas permis d'inoculer plus de 32 souches dont chacune réclamait 6 plantules.

Rappelons brièvement que les graines sont désinfectées extérieurement, rincées à l'eau stérile et mises à germer sur un milieu nutritif très riche où apparaissent facilement les contaminations. De là, les jeunes plantules stériles sont transférées en tubes, bouchés à l'ouate, qui contiennent un milieu minéral dépourvu d'azote (4).

Sur ces plantules en développement, il est facile d'apprécier le pouvoir fixateur, c'est-à-dire l'« effectivité » de la souche inoculée, puisque le milieu est complètement dépourvu d'azote.

Contrairement aux résultats obtenus par NUTMAN (1), nous n'avons observé aucun mutant « ineffectif » parmi les 32 souches isolées après conservation sur 8 substrats différents. Les seules variations observées étaient des réactions anormales individuelles des plantules, dues à l'hétérogénéité des « races » de *Trifolium*.

Rappelons que Nutman avait obtenu, après conservation d'une souche déterminée dans un sol sablonneux, une proportion considérable de mutants « ineffectifs ».

Cette variation dans les résultats d'essais, qui ne diffèrent que par des modalités techniques, semble indiquer, une fois de plus, la grande diversité des souches spécifiques d'une même espèce Légumineuse, quant à leur stabilité notamment. Nutman travaillait également, en effet, sur une souche de *Rhizobium* spécifique des *Trifolium*.

B. — *Le second prélèvement a été effectué après 7 mois de conservation.*

1. Comptage

TABLE 2

Nombre de bactéries par gramme de substrat, après 7 mois de conservation

Substrat	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
1. Loess, pH : 6,2	0	2.000	0	500
2. Jardin cultivé, fumé, pH : 6,8 . .	356.000	428.000	320.000	479.000
3. Jardin cultivé, non fumé, pH : 5,7	48.000	24.000	50.000	17.000
4. Trèflière, pH : 6	12.000	—	7.000	8.500
5. Prairie fauchée, pH : 6,3	189.000	218.000	285.000	160.000
6. Sous *Alnus*, pH : 6,3	1.660.000	2.380.000	2.120.000	3.400.000
7. Sous *Sequoia*, pH : 5	0	0	180	0
8. Sable blanc, pH : 5,8	8.000	2.200	5.600	7.000

On constate à la lecture de ce tableau :

a) une nouvelle chute, en général, du nombre de microgermes observé lors du premier comptage, soit après 3 mois de conservation. La chute, très nette pour les substrats les moins bons, 1, 4, 7 et 8, est moins forte pour les substrats les meilleurs, 2, 5 et 6 notamment.

b) ici encore une régularité relative, très satisfaisante en l'occurrence, des chiffres donnés par les 4 répétitions.

c) dans trois cas, un chiffre plus élevé après 7 mois de conservation qu'après 3 mois.

	après 3 mois	après 7 mois
Substrat 2, tube 2 :	425.000	428.000
Substrat 5, tube 3 :	280.000	285.000
Substrat 6, tube 4 :	2.820.000	3.400.000

Il s'agit précisément de 3 substrats où les chiffres ont peu varié. On ne peut affirmer que, pendant la conservation, le nombre de *Rhizobium* ait augmenté. La différence en plus est trop faible entre les chiffres, qui sont du même ordre de grandeur.

d) que les variations, d'un substrat à l'autre, restent très fortes. Les substrats qui se sont révélés les meilleurs après 3 mois de conservation, le sont restés après 7 mois.

2. Isolement de souches et examen

Un examen macroscopique et microscopique de souches isolées à partir des 8 substrats n'a révélé aucune différence appréciable.

3. Inoculation à de jeunes plantules

Aucun variant « ineffectif » n'a été décelé parmi les souches inoculées à de jeunes plantules cultivées aseptiquement.

C. — *Le troisième et dernier prélèvement a été effectué après 8 mois de conservation. Il avait surtout pour but de permettre une vérification des résultats obtenus.*

1. Comptage

TABLE 3

Nombre de bactéries par gramme de substrat, après 8 mois de conservation

Substrat	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4
1. Loess, pH : 6,2	0	0	0	1.000
2. Jardin cultivé, fumé, pH : 6,8 . .	326.000	412.000	297.000	422.000
3. Jardin cultivé, non fumé, pH : 5,7	51.000	27.000	46.000	11.000
4. Trèflière, pH : 6	9.000	14.000	9.000	8.500
5. Prairie fauchée, pH : 6,3	192.000	186.000	224.000	172.000
6. Sous *Alnus*, pH : 6,3	1.700.000	2.115.000	2.020.000	2.800.000
7. Sous *Sequoia*, pH : 5	0	0	0	200
8. Sable blanc, pH : 5,8	—	0	7.300	3.200

Les résultats confirment ceux obtenus après 7 mois de conservation. Les chiffres sont sensiblement les mêmes après 8 mois et confirment les grandes variations qui existent dans le comportement du *Rhizobium* selon le substrat dans lequel il est conservé.

2. Isolement de souches et examen

Aucune différence macroscopique ou microscopique n'est apparue parmi les souches isolées.

3. Inoculation à de jeunes plantules

Lors de ce troisième prélèvement, aucune inoculation n'a été effectuée. Nous avons en effet estimé cette opération inutile, étant donné que les deux derniers prélèvements ont été exécutés à des dates très rapprochées.

CONCLUSIONS GENERALES

1. Nous n'avons pas obtenu de résultats analogues à ceux de NUTMAN (1) qui avait isolé une proportion considérable de mutants « ineffectifs » après conservation dans un sol sablonneux, pendant 6 mois, de la

souche A 121111. Il isola de ce sol 15 colonies, choisies au hasard, parmi lesquelles 9 se montrèrent totalement « ineffectives ».
Rappelons que pour chacun des 8 substrats étudiés, nous avons choisi au hasard 4 souches, soit 32 au total. Aucune ne se révéla « ineffective ».
Il eut été plus probant de multiplier le nombre de souches isolées qui furent inoculées à de jeunes plantules. Malheureusement, on se heurte ici à des exigences matérielles difficilement surmontables, étant donné le nombre de plantules stériles, nécessaires pour ces déterminations.
Bref, en comparant les résultats de Nutman avec ceux que nous avons obtenus, on s'aperçoit à nouveau des différences essentielles qui existent entre souches spécifiques d'une même espèce Légumineuse. On ne saurait trop insister sur l'importance qu'il y a à définir avec précision, comme le fait NUTMAN (1), les souches utilisées dans différents essais. Il ne suffit pas de signaler « souche de *Rhizobium trifolii* », mais bien d'identifier la souche, au moyen de chiffres ou de lettres par exemple, puisqu'il n'existe pas d'espèces de *Rhizobium* au sens strict.

2. Il existe des différences très nettes entre divers sols, au point de vue de la conservation du *Rhizobium*.

3. Ces différences ne sont pas liées uniquement au pH puisque, d'une part, deux substrats de pH 6,3 (substrats 5 et 6) par exemple, maintiennent un nombre très différent de bactéries et, d'autre part, un substrat de pH 6,8 (substrat 2) conserve très nettement moins de microgermes qu'un substrat de pH 6,3 (substrat 6). Il convient toutefois de noter qu'à la limite inférieure, un substrat de pH 5 conserve très peu de microorganismes.

4. La différence de comportement entre les substrats 6 et 7 est particulièrement intéressante à signaler. Il s'agit là, rappelons-le, de deux substrats provenant de deux stations voisines qui ne diffèrent que par la nature de l'essence qui y croît. Or, dans un de ces substrats, la conservation du *Rhizobium* est excellente alors que dans l'autre, elle est pratiquement nulle. Il semble qu'il y ait là un phénomène intéressant.

5. Il convient de noter également le comportement du *Rhizobium* sur le substrat 4. Ce substrat provient d'une parcelle portant du *Trifolium pratense*, dont les semences furent inoculées avec la souche S. 50 qui, précisément, est la souche utilisée dans notre essai. La conservation du *Rhizobium* S. 50 est dans ce substrat très mauvaise.

6. Le loess (substrat 1) ne réagit pas différemment du substrat inerte 8, constitué par du sable blanc.

7. Sur les substrats 2 et 3 qui diffèrent par le traitement, (présence ou absence de fumure organique), le *Rhizobium* se conserve très différemment.

Il apparaît donc clairement que, en sols stériles d'origines diverses, le *Rhizobium* se conserve de façon très différente.

Il nous semble possible, en poursuivant ces investigations avec des souches diverses, d'obtenir des renseignements intéressants, tant au point de vue écologie du *Rhizobium*, que du point de vue analyse microbiologique du sol.

RESUME

Nous avons conservé en sols stériles une souche de *Rhizobium*, spécifique des *Trifolium*, S. 50. Après 3, 7 et 8 mois, nous avons effectué des comptages du microorganisme et avons constaté de très nettes différences, qui ne sont pas seulement liées au pH. Par contre, nous n'avons constaté aucune différence aux points de vue macroscopique et microscopique entre les nombreux isolements effectués à partir de ces substrats. De même aucune « variation » de la souche de *Rhizobium*, quant à l'« effectivité » notamment, n'a été observée.

Institut Agronomique de Gembloux,
Laboratoire de Microbiologie
10 octobre 1955.

BIBLIOGRAPHIE

(1) NUTMAN, P. S., 1946. Journal of Bacteriology. Vol. 51, n° 4, pp. 411-432.
(2) MANIL, G., 1952. Ann. Soc. Géol. de Belgique, 75, 153.
(3) WRIGHT, W. H., 1925. Soil Science, 20, 95.
(4) NICOL, H. and THORNTON, H. G., 1941. Proc. of the Royal Soc. of London, Séries B, n° 858, vol. 130, pp. 32-59.
(5) HELY, F. W. and BONNIER, Ch., 1953. Antonie van Leeuwenhoek, 19, pp. 211-223.

LABORATOIRE DE CHIMIE GENERALE
ET STATION DE PHYTOPHARMACIE

L'effet de l'humidité, de la température et des désinfectants sur les acides aminés libres du froment

par

J. CASIMIR et L. DETROUX

INTRODUCTION

Différents auteurs ont mis en évidence la présence d'acides aminés libres dans le froment. SULLIVAN et PAYNE (1) ont démontré les premiers par analyse chromatographique sur papier la présence d'acides aminés dans un extrait aqueux de farine.

Ils ont identifié différents acides aminés libres : acide aspartique, acide glutamique, sérine, glycine, tyrosine, lysine, arginine, histidine, thréonine, alanine, méthionine, proline, valine, phénylalanine, leucines ainsi que l'asparagine et la glutamine.

Ils n'ont trouvé la cystine que dans l'extrait hydrolysé. Ils ont mis en évidence les mêmes acides aminés dans les hydrolysats de protéines précipitées par la chaleur ou le méthanol. Selon ces auteurs la distribution des acides aminés libres est identique dans la farine traitée par le trichlorure d'azote et dans celle non traitée. DE VAY (2) a étudié l'effet de la croissance de moisissure et de l'augmentation du taux d'humidité sur les acides aminés libres du froment. Cet auteur trouve par analyse chromatographique sur papier les mêmes acides aminés que SULLIVAN et PAYNE. Il n'indique cependant pas la présence d'asparagine et de phénylalanine, mais trouve par contre du tryptophane. Selon lui la concentration en alanine, acide γ aminobutyrique, proline et lysine augmente dans le froment moisi tandis que la concentration en histidine diminue. Cette variation de concentration peut être due à la croissance des moisissures et à la respiration des grains. MEYER et WHITEHEAD (3)

ont étudié la distribution des acides aminés solubles du blé et du maïs par la méthode de Stein et Moore; selon ces auteurs, l'acide glutamique et l'alanine sont les acides aminés les plus importants dans le blé. Das et Biswas (4) ont également déterminé par chromatographie sur papier les acides aminés libres du froment ainsi que ceux du gluten. Ils trouvent entr'autres dans leurs extraits l'asparagine, le tryptophane et la phénylalanine. Campbell, Work et Mellanby (5) ont découvert un nouvel acide aminé dans la farine agénisée : la méthionine sulfoneimine qui est un composé toxique. Dans ce travail nous avons étudié l'influence de l'humidité sur la teneur en acides aminés libres du froment en tenant compte de la température de conservation qui peut également jouer un rôle.

Nous avons étudié l'effet de la désinfection des grains par différents produits. La question des changements intervenant dans le métabolisme azoté au cours de la germination a retenu l'attention de nombreux chercheurs. Biserte et Scriban (6) notamment, ont étudié les modifications des acides aminés libres de l'orge pendant la germination. Signalons quelques travaux récents : Kano et Hatano (7) ont étudié les acides aminés des graines de conifères en germination. Yemm (8) a étudié la synthèse des acides aminés lors de la germination de l'orge. Nous avons étudié les variations de la concentration des acides aminés pendant la germination du froment. La présence d'acide γ aminobutyrique dans les grains de froment semble controversée. D'après Campbell, Work et Mellanby, cet acide aminé se trouve uniquement dans la farine agénisée. Ni Sullivan et Payne, ni Das et Biswas ne signalent sa présence. De Vay en a trouvé dans les extraits de froment moisi. Ceci est normal, l'acide γ aminobutyrique jouant un rôle important dans le métabolisme azoté des moisissures. Nous avons pensé qu'il était intéressant d'apporter des précisions au sujet de la présence de cet acide aminé dans le froment.

TECHNIQUES

Le froment est finement moulu puis tamisé. Les acides aminés de 10 grammes de farine sont extraits pendant une heure et demi à 60° C par 80 cc d'éthanol à 70 %. On filtre et on lave avec 20 cc d'éthanol à 70 %. L'extrait et l'alcool de lavage sont combinés puis concentrés sous pression réduite vers 40-45° C jusqu'au volume de 10 cc. L'extrait est filtré et évaporé dans une capsule par dessication sous vide. Le contenu de la capsule est dissout dans 2 cc d'éthanol à 70 %. L'échantillon est prêt pour la chromatographie. Nous avons utilisé le papier Schleicher et Schüll n° 2043b. Nous avons chaque fois placé sur le papier 8 gouttes de sclution, ce qui représente 20 µl d'extrait. Les chromatogrammes bidimensionnels sont développés dans une direction par le butanol saturé d'eau additionné d'acide formique et dans l'autre par le phénol saturé d'eau contenant 2 % d'ammoniaque. Les acides aminés sont révélés en vaporisant sur le papier une solution de ninhydrine à 0,25 % dans

l'éthanol. Les chromatogrammes ainsi obtenus donnent difficilement la séparation valine-méthionine et phénylalanine-leucines. Dans le cas des extraits étudiés, les « spots » de ces derniers acides aminés ont tendance à s'étaler, il en résulte une diminution de la sensibilité de la réaction. Aussi, nous avons répété certains essais en utilisant la chromatographie au butanol suivie dans l'autre direction d'une électrorhéophorèse avec comme tampon une solution d'acide acétique à pH = 2,4 (9). Les diagrammes de chromatoélectrorhéophorèse possèdent un fond blanc, ce qui permet l'identification de traces d'acides aminés dont la présence est discutée; c'est le cas du tryptophane. De plus cette méthode permet la séparation des deux paires d'acides aminés signalées plus haut. L'électrorhéophorèse sur papier permet également une identification sans équivoque de l'acide γ aminobutyrique.

Au pH envisagé le groupe carboxyle des acides ω aminés est moins ionisé que celui des acides α aminés, l'acide γ migre plus rapidement vers la cathode et est nettement séparé des autres acides aminés.

Le froment de la récolte 1953 à 12,5 % ou à 22,5 % d'humidité a été analysé par chromatographie bidimensionnelle. Les essais ont porté sur du froment conservé pendant deux semaines soit à la température du laboratoire, soit à 50° C. Ils ont été répétés avec deux lots de grains traités chacun par enrobage à sec au moyen d'un désinfectant de semences à base d'organomercurique à raison de 2 grammes au kg. Deux produits furent utilisés l'un contenait 1,5 % de mercure sous forme de silicate de méthoxyéthylmercure et l'autre 0,8 % sous forme d'un mélange d'iodure d'éthoxybutylmercure et de chlorure d'éthoxypropylmercure.

Ce second produit possède une action phytocide plus intense que le premier et son usage entraîne plus fréquemment une inhibition du pouvoir germinatif. Les résultats des chromatographies à deux dimensions concernant l'influence de l'humidité et de la température ont été vérifié par chromatoélectrorhéophorèse sur papier avec d'autres extraits des récoltes 1953 et 1954. Le froment de 1954 (été très humide) avait lors de la récolte et du battage une très haute teneur en humidité (16 à 18 %) et son pouvoir germinatif était moins bon que celui de 1953 dont les conditions de récoltes avaient été normales et dont la teneur en humidité était, lors du battage, voisine de 13 à 14 %. Nous avons également étudié par chromatoélectrorhéophorèse et par chromatographie sur papier, la distribution des acides aminés dans les grains en cours de germination (froment de la récolte 1954).

Les chromatogrammes bidimensionnels relatifs à la germination ont été réalisés en remplaçant le phénol ammoniacal par du phénol saturé par le tampon phosphate-acide citrique à pH = 4 (10). Les chromatogrammes ainsi obtenus permettent une meilleure séparation des acides aminés basiques ainsi que de la phénylalanine et des leucines. De plus, leur fond est nettement plus blanc que celui des chromatogrammes réalisés avec le phénol ammoniacal.

RESULTATS

Les résultats des différentes analyses se trouvent dans les tableaux qui suivent. Les chiffres 1 à 5 donnent une estimation semi-quantitative de la quantité d'acides aminés présents dans les analyses. Le chiffre 1 indique que l'acide aminé est présent en faible quantité, le chiffre 2 signale un « spot » de concentration moyenne, les chiffres 3, 4 et 5 indiquent que les acides aminés sont présents en quantités de plus en plus importantes.

Signalons la présence dans tous les échantillons d'acide γ aminobutyrique. Celle-ci a été déterminée aussi bien par chromatographie bidimensionnelle que par chromatoélectrorhéophorèse.

L'acide γ aminobutyrique a d'ailleurs été trouvé dans de très nombreux tissus végétaux. Les expériences ont été faites avec du froment de 1953 environ neuf mois après la récolte. On le retrouve aussi dans les analyses de froment 1954 effectués peu de temps après la récolte. Cet acide aminé qui n'entre pas dans la constitution des protéines se forme par décarboxylation enzymatique de l'acide glutamique. Il est possible cependant que la teneur en acide γ aminobutyrique puisse varier selon l'espèce de froment utilisé.

TABLEAU 1

Répartition des acides aminés libres du froment déterminée par chromatographie à deux dimensions

Acides aminés	Froment, humidité 12,5 % conservé à		Froment, humidité 22,5 % conservé à	
	18° C	50° C	18° C	50° C
Asparagine	1	1	1	1
Glutamine	0	1	1	1
Acide aspartique	2	2	2	3
Acide glutamique	2	2	2	2
Sérine	1	1	2	2
Glycine	1	1	2	2
Thréonine	0	0	0	1
Alanine	2	2	3	3
Valine-Méthionine	1	1	1	1
Leucines-Phénylalanine	1	2	1	2
Proline	0	0	1	1
Acide γ aminobutyrique	1	1	2	2
Lysine	1	1	1	1
Arginine-Histidine	1	1	1	1
Cystine	0	?	0	?
Tryptophane	0	0	?	0
X	0	1	0	1

TABLEAU 2

Répartition des acides aminés libres du froment désinfecté déterminée par chromatographie à deux dimensions

Acides aminés	Froment, humidité 12,5 % Température de conservation				Froment, humidité 22,5 % Température de conservation			
	18° C		50° C		18° C		50° C	
	Désinfectant		Désinfectant		Désinfectant		Désinfectant	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Asparagine	1	2	2	2	1	1	2	2
Glutamine	0	0	1	1	0	0	1	1
Acide aspartique	2	2	2	2	1	2	2	3
Acide glutamique	2	2	2	3	2	2	2	3
Sérine	1	1	2	2	0	1	2	2
Glycine	1	1	2	2	1	1	2	3
Thréonine	0	0	0	1	0	0	2	2
Alanine	1	1	2	3	2	3	4	4
Valine-Méthionine	0	1	1	1	1	1	1	2
Leucines-Phénylalanine	0	1	1	1	1	1	1	2
Proline	0	0	0	1	0	0	1	1
Acide γ aminobutyrique	1	1	2	2	2	1	3	3
Lysine	1	1	1	2	1	1	2	2
Arginine-Histidine	0	?	1	2	0	0	2	3
Cystine	0	0	0	0	0	0	0	1
Tryptophane	0	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	1	1	0	1	1	0

* A base de silicate de méthoxyéthylmercure.
** A base d'iodure d'éthoxybutylmercure et de chlorure d'éthoxypropylmercure.

Nous avons retrouvé l'asparagine dans tous les essais. Nous avons déterminé la présence de tryptophane par chromatoélectrorhéophorèse dans le froment de la récolte de 1954. Le tryptophane apparaît dans le froment de 1953 lorsque l'humidité atteint 22,5 %. Le « spot » de la phénylalanine a été retrouvé par chromaélectrorhéophorèse dans la plupart des cas. Signalons aussi la présence d'un « spot » de nature indéterminée. Cette substance se trouve sur les chromatogrammes au-dessus de l'alanine et de l'acide γ aminebutyrique. Par chromatoélectrorhéophorèse on la trouve au-dessus de l'acide γ aminebutyrique, mais elle migre plus rapidement vers la cathode que ce dernier. Il s'agit d'un acide ω aminé ou d'un acide aminé basique. On ne retrouve pas cette substance, dans tous les essais ; il est possible que dans certains cas, lors de la chromatoélectrorhéophorèse, elle migre hors du papier.

En examinant les résultats, on remarque qu'il y a augmentation de la concentration en acides aminés en fonction de l'élévation du taux d'humidité du froment ; De Vay l'avait déjà indiquée. Nous avons remarqué comme De Vay une augmentation de la concentration en acide γ aminobutyrique, en proline, en alanine et en sérine. Nous avons aussi remarqué une augmentation de la concentration en glycine, mais

TABLEAU 3

Comparaison des répartitions des acides aminés libres du froment des récoltes 1953 et 1954 déterminées par chromatoélectrorhéophorèse sur papier

Acides aminés	Froment, humidité 12,5 % Température de conservation				Froment, humidité 22,5 % Température de conservation			
	18° C		50° C		18° C		50° C	
	Récolte		Récolte		Récolte		Récolte	
	1953	1954	1953	1954	1953	1954	1953	1954
Asparagine	1	2	1	1	1	2	1	1
Glutamine	1	2	1	2	1	2	1	1
Acide aspartique	2	2	2	2	2	2	2	2
Acide glutamique-sérine	2	2	2	2	2	3	3	3
Glycine	1	2	1	2	1	2	2	2
Thréonine	1	2	2	2	2	3	2	2
Alanine	3	3	3	3	3	3	4	3
Valine	1	2	2	2	1	2	2	3
Méthionine	0	?	0	?	?	1	1	1
Leucines	1	2	2	2	2	2	2	3
Phénylalanine	?	1	?	1	1	1	1	2
Proline	0	1	?	1	1	1	1	2
Acide γ aminobutyrique	1	1	?	1	1	1	1	2
Tyrosine	?	1	?	1	1	1	1	1
Cystine	0	0	0	0	?	0	0	0
Tryptophane	0	1	0	1	1	1	1	1
X	?	0	0	0	1	1	?	1

nous n'avons constaté ni l'augmentation de la lysine, ni la diminution de l'histidine ; il faut cependant signaler que nous n'avons pas utilisé du blé moisi. Les changements intervenus peuvent être attribués à l'activité des enzymes protéolytiques. L'activité de celles-ci atteint un maximum avec la maturité des graines, puis diminue considérablement pendant le séchage (11).

L'activité protéolytique peut, ainsi liée à la teneur en eau du grain, expliquer les changements intervenus dans la concentration des acides aminés libres du froment. Dans les cas étudiés un début de croissance de moisissures peut également avoir une influence. Nous n'avons pas remarqué de diminution de la concentration en acides aminés faisant suite à la variation des facteurs envisagés ; aussi, il est difficile d'attribuer les changements de concentration à la respiration des grains. La teneur en acides aminés libres semble également augmenter à la suite d'une élévation de la température de conservation ; c'est surtout le cas des grains à 22,5 % d'humidité.

L'activité enzymatique croît avec la température ; l'augmentation de la concentration en acides aminés peut aussi être liée à l'activité

TABLEAU 4

Répartition des acides aminés des grains en germination déterminée par chromatographie bidimensionnelle et vérifiée par chromatoélectrorhéophorèse sur papier

Acides aminés	Durée de la germination Jours			
	0	2	4	6
Asparagine	1	2	3	2
Glutamine	2	3	5	5
Acide aspartique . . .	2	3	3	3
Acide glutamique . .	2	2	2	2
Sérine	2	2	2	2
Glycine	2	2	2	2
Thréonine	1	2	2	2
Alanine	3	3	5	4
Valine	2	2	3	3
Méthionine	1	1	1	1
Leucines	2	2	4	4
Phénylalanine	1	1	2	2
Proline	1	1	1	1
Acide γ aminobutyrique	2	3	3	2
Tyrosine	1	1	1	1
Cystine	?	?	1	1
Tryptophane	1	1	1	1
Lysine	1	2	2	2
Histidine	0	1	1	0
Arginine	1	2	2	1

protéolytique. La température de 50° C peut être considérée comme bloquant les activités enzymatiques. Cependant, les enzymes des céréales sont particulièrement résistants. La cause du maintien relativement élevé de l'activité enzymatique doit être trouvée dans la présence d'autres substances contenues dans le grain qui agissent comme substances protectrices contre l'action de la chaleur. Seule l'α amylase manque de ce moyen de protection (11).

La comparaison des résultats obtenus avec les froments des deux récoltes montrent que le froment de la récolte 1954 possède des acides libres en quantités légèrement plus importantes. Nous avons signalé précédemment que lors du battage ce froment avait une haute teneur en humidité et que son pouvoir germinatif était moins bon. D'autre part ce froment provient d'une récolte plus récente ; or, dans ce cas précis les analyses ont été faites au même moment, le froment de 1953 a donc été conservé pendant un temps plus long. On pourrait supposer que la diminution de la concentration en acides aminés est due à leur respiration.

Le traitement par les désinfectants peut aussi causer une augmentation de la teneur en acides aminés libres. Celle-ci se remarque surtout lors de l'utilisation du désinfectant contenant le mélange d'iodure d'éthoxybutylmercure et de chlorure d'éthoxypropylmercure qui peut dans certains cas freiner le pouvoir germinatif.

On constate donc que les conditions (haute teneur en humidité, élévation de la température, certains désinfectants) qui ont pour effet d'inhiber le pouvoir germinatif sont les mêmes qui peuvent causer une augmentation de la teneur en acides aminés libres.

Pendant la germination, les protéines de réserve sont hydrolysées avec production d'acides aminés libres ; ces acides aminés sont transportés vers les régions embryonnaires où ils sont resynthétisés en protéines.

Nous avons déterminé par chromatographie et par chromatoélectrorhéophorèse l'évolution des acides aminés au cours de la germination du froment.

D'une façon générale, on constate une nette augmentation de la concentration de nombreux acides aminés (voir figures 1 à 4). L'augmentation des amides asparagine et glutamine est caractéristique dans le cas du métabolisme azoté de la germination (12) : cette augmentation a été mise en évidence par les résultats obtenus, elle est déjà très nette après deux jours de germination, elle atteint son maximum après quatre jours. Comme YEMM l'a déjà remarqué, dans le cas de l'orge, nous constatons la formation d'acide aspartique, d'alanine, de lysine et d'arginine. La concentration en histidine semble également légèrement augmenter. Nous n'avons remarqué aucune diminution de la teneur en sérine et en phénylalanine. Les concentrations de la phénylalanine, des leucines et de l'acide γ aminobutyrique augmentent également. Après six jours, la diminution de la concentration de plusieurs acides aminés s'amorce.

BIBLIOGRAPHIE

(1) SULLIVAN, B. et PAYNE, W. E., 1951 — Cereal Chem., 24, 182.
(2) DE VAY, J., 1952 — Cereal Chem., 29, 310.
(3) MEYER, F. L. et WHITEHEAD, E. F., 1951 — Proc. S. Dakota Acad. Sci., 30, 104.
(4) DAS, N. B. et BISWAS, T. D., 1953 — Science et Culture (India) 19. 158.
(5) CAMPBELL, P. N., WORK, T. S. et MELLANBY, E., 1951 — Biochem, J. 48, 106.
(6) BISERTE, G. et SCRIBAN, R., 1950 — VIII^{me} Congrès Agri. Comm. P. 47.
(7) KANO, T. et HATANO, K., 1953 — J. of Japan For. Soc., 35, 292.
HATANO, K., 1953 — Bull. of Tokyo Univ. For., 45, 145.
(8) YEMM, E. K., 1954 — Congr. Intern. Botan. Paris, Rapps et Comms, 8, sect. 11/12, 144.
(9) GERLAXHE, S. et RENARD, M., 1954 — Comms 27^{me} congr. Chim. Industr. (à paraître).
(10) MC. FARREN, E. F., 1951 — Analytical Chem., 23, 168.
(11) RITTER, K., 1938 — Das Mühlen laboratorium, Band 8, Heft 6.
(12) BONNER, J., 1950 — Plant Biochemisty, p. 294, Académie Press. Inc.

SUMMARY

The authors have studied by paper chromatography and paper electrorheophoresis the action of various factors on the amount of free amino acids in wheat. The concentration of amino acids increases with the moisture content and in some cases with the use of desinfectants. γ Aminobutyric acid is present in every sample. Changes take place in the composition of the free amino acids during the germination process. An increase in the amount of alanine, leucines, asparagine and glutamine is particularly obvious.

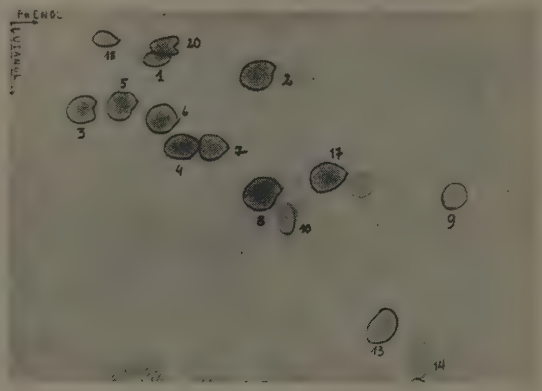

FIGURE 1

Chromatographie d'un extrait de blé

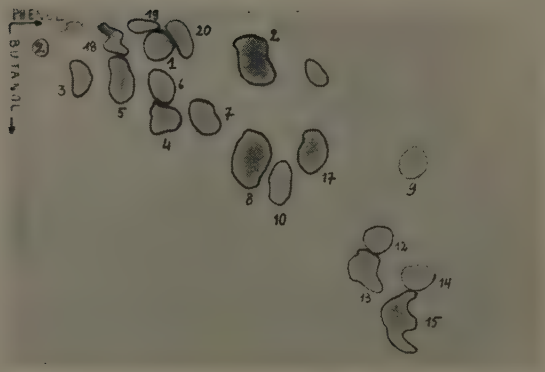

FIGURE 2

Chromatographie d'un extrait de blé après 4 jours de germination

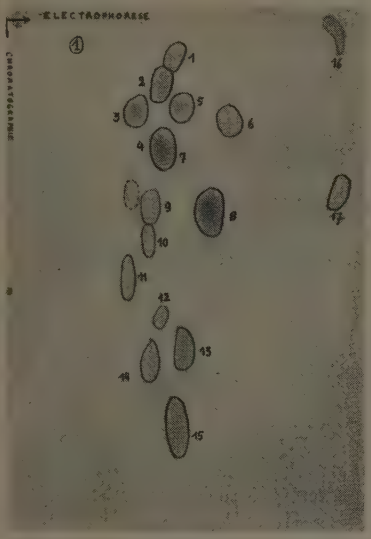

FIGURE 3
Diagramme de chromatoélectrorhéophorèse d'un extrait de blé

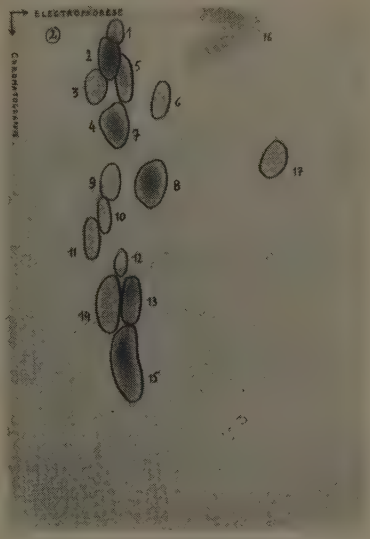

FIGURE 4
Diagramme de chromatoélectrorhéophorèse d'un extrait de blé après 4 jours de germination

Numéros des acides aminés correspondant aux 4 figures :

1. Glutamine — 2. Asparagine — 3. Acide aspartique — 4. Acide glutamique — 5. Sérine — 6. Glycine — 7. Thréonine — 8. Alanine — 9. Proline — 10. Tyrosine — 11. Tryptophane — 12. Méthionine — 13. Valine — 14. Phénylalanine — 15. Leucines — 16. Acides aminés basiques — 17. Acide γ aminobutyrique — 18. Lysine — 19. Histidine — 20. Arginine

Théorie relative à la formation des plissements alpins et à la genèse des continents et des océans actuels

par

G. DEMORTIER

CONTENU DU MEMOIRE

Première partie

Introduction.
La théorie présentée ici.
Les anciennes théories et leurs erreurs.
Conclusions.

Deuxième partie

La génèse de l'Océan Pacifique. L'Océan Indien.
L'érection des chaînes alpines.
La génèse de l'Océan Atlantique. La Méditerranée.
Annexes.

Troisième partie. Quelques hypothèses nouvelles basées sur cette théorie

L'évolution du climat après les plissements alpins.
Le « déluge ». — Les glaciations du quaternaire.
L'énorme végétation et l'imposante faune du Carbonifère ont-elles influencé la formation des grands dépôts de calcaire et modifié les conditions de vie sur la Terre ?
La houille — Le pétrole.
La disparition des grands sauriens volants.

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION

Dans ses célèbres discours sur les « Révolutions du Globe », Cuvier (6) * déclarait : « De grands cataclysmes ont marqué de leur empreinte la face de la Terre, provoqué les grandes périodes géologiques et jalonné les étapes de l'évolution des êtres vivants en modifiant les conditions climatiques à la surface du globe ».

Pour combattre la théorie « cataclystique » de Cuvier, Ch. Lyell (20) en 1833 développa la théorie de l'« actualisme ». Il considère que tous les faits géologiques du passé peuvent être expliqués par des causes observables de nos jours.

La théorie de Lyell, admise par la majorité des géologues, fut à la base de nombreux travaux. Parmi ceux-ci, figurent les théories relatives à la formation des grands plissements alpins et à la génèse des continents et des océans actuels.

Empreintes d'actualisme, elles ont échoué : soumises à la critique, elles présentaient un ou plusieurs arguments en contradiction avec les faits observés ; en outre, aucune d'entre elles n'a pu mettre en évidence la puissance requise pour permettre l'érection des chaînes alpines en faisant appel à des causes intra-terrestres.

Dans d'autres domaines, la théorie de l'actualisme n'a pas toujours donné entière satisfaction ainsi que le déclare L. Cayeux (5) : « Depuis un siècle et plus, la géologie s'est développée sous l'empire des causes actuelles conçues par Ch. Lyell pour réagir contre la théorie des cataclysmes de Cuvier ». Et plus loin L. Cayeux poursuit par cette phrase : « L'étude des sédiments anciens que je poursuis depuis plus d'un demi-siècle m'a convaincu de la nécessité de faire subir une retouche à la théorie des causes actuelles ».

La théorie de la contraction, longtemps en honneur, n'a pu expliquer les importants charriages observés dans les Alpes dont les plis pourraient se dérouler sur plus de 1.000 kilomètres !

Vers 1910, Wegener (36) et Taylor (28) proposèrent la théorie des translations continentales. Après un succès retentissant, elle se montra vulnérable sur bien des points et succomba finalement parce que les « forces » qui ont déclanché la « dérive » étaient à peine capables de provoquer l'érection de chaînes de montagnes de 200 mètres !

(1) Voir bibliographie, pages 428 et 429.

D'autres auteurs ont proposé des variantes à cette théorie de la dérive; parmi celles-ci, certaines apportent quelques détails intéressants; d'autres conduisent à des absurdités.

Il faut reconnaître que la théorie des translations s'est approchée très près de la solution ; les adversaires les plus irréductibles de cette théorie admettent qu'elle a fourni des arguments parfois « troublants ».

Enfin, la théorie des courants subcrustaux, lancée dans le but de renflouer l'ancienne théorie de la contraction, ne semble pas susceptible de sortir victorieusement du crible de la critique.

LA FORMATION DES PLISSEMENTS ALPINS ET LA GENESE DES CONTINENTS ET DES OCEANS ACTUELS

Généralités

Cette nouvelle théorie s'inspire d'arguments géographiques, géophysiques, paléontologiques, etc.

Elle fait appel également à des renseignements fournis par l'astronomie.

De nombreux arguments sont donnés par WEGENER dans son ouvrage sur les translations continentales ; beaucoup d'entre eux sont applicables ici ; il est inutile de les reprendre dans ces notes. Aux importantes critiques auxquelles WEGENER n'a pu répondre, notre théorie fournit des réponses précises.

La conception de TAYLOR ne fut guère plus heureuse que celle de WEGENER ; en effet, il paraît illogique de considérer que les continents asiatique et américain en « dérive » vers la « fosse » du Pacifique y aient rencontré un obstacle tel que d'énormes chaînes montagneuses aient dû surgir à la suite de ce mouvement centripète.

Il paraît plus logique d'admettre que ces plissements ont été engendrés par une violente poussée centrifuge venant du Pacifique ; c'est ce que nous allons démontrer plus loin.

Les travaux de VENING-MEINESZ (34-35) sur la nature des fonds des océans Pacifique et Atlantique ont prouvé que le sima couvre la totalité du fond du Pacifique tandis que l'Atlantique a une base partiellement sialique. Un phénomène très curieux est la présence d'une crête médiane en partie volcanique parcourant l'Atlantique du Nord au Sud.

Notre théorie explique clairement pourquoi le fond des deux grands océans est nettement différent ; elle expose le mécanisme très simple et d'une puissance irrésistible qui a provoqué, d'une part, la séparation des Amériques et, d'autre part, l'Eurafrique. Ces deux blocs continentaux se

trouvaient en contact ou très voisins à l'origine du mouvement qui s'est opéré au niveau de la crête médiane atlantique.

Cette théorie, exposée dans les pages suivantes, ouvre la possibilité d'extrapoler l'évolution de la tectogenèse antérieure aux plissements alpins, de donner une explication à la « courbure » des chaînes montagneuses de l'Asie orientale, de montrer comment les îles bordières se sont séparées de ce continent. Enfin, elle nous a permis d'émettre des arguments géophysiques sur la cause du déluge qui a suivi les plissements ainsi que l'explication des périodes glaciaires du quaternaire.

Exposé de la théorie

1) Un corps céleste de grandes dimensions a percuté la Terre sensiblement au centre de l'océan Pacifique actuel (en supposant que, par la pensée, l'Australie, la Nouvelle Zélande, la Tasmanie et Madagascar aient rejoint les côtes de l'Afrique orientale dont elles sont issues), (tandis que les petites îles du Pacifique central, les îles de la Sonde, Bornéo, etc., seraient ramenées dans le golfe du Bengale, le golfe du Tonkin et la zone côtière du sud-est asiatique). Cette « dérive » vers l'est et le sud-est sera démontrée plus loin.

2) Lors de la percussion, le corps céleste (que l'on peut supposer sphérique) a pulvérisé une zone de sial et de sima d'une étendue supérieure au grand cercle du corps percutant tandis que le sial et le sima voisins étaient refoulés violemment à plusieurs centaines de kilomètres autour du point de chute. Il en est résulté des efforts tangentiels d'une telle puissance qu'ils ont provoqué les importants plissements qui entourent le Pacifique. Lorsque les chaînes montagneuses n'apparaissent pas en bordure de cet océan, des « boucliers » ont résisté à la pression venant de l'océan ; dans ces conditions, les massifs montagneux apparaissent alors au-delà de ces boucliers. Exemples : l'Himalaya et le bouclier indou ; les Alpes et le bouclier africain.

Cette première phase crée la grande « fosse » du Pacifique et les grandes chaînes côtières ; des chaînes montagneuses apparaissent également à l'intérieur des continents.

3) La pénétration du corps céleste dans le nifé visqueux provoque une brusque augmentation de son volume et, par voie de conséquence, de la surface de la Terre.

L'expansion du globe provoque un fractionnement de la croûte de sial suivant les zones de moindre résistance (failles) et donne ainsi l'aspect géographique assez voisin de celui qui nous est familier.

Nous assistons à la génèse des continents, des îles, des presqu'îles, des océans (autres que le Pacifique) et des mers.

C'est donc sous l'action de cette expansion que s'est formé l'océan Atlantique : les Amériques se sont « séparées » de l'Eurafrique mais n'ont

pas « dérivé » comme le prétendait WEGENER. Tandis que l'expansion se manifeste dans le sens des méridiens pour former l'Atlantique, elle donne naissance à la Méditerranée et à la mer des Caraïbes et des Antilles suivant une expansion sensiblement perpendiculaire à la première. L'Amérique Centrale a donc subi une expansion considérable : à l'ouest n'a persisté que la chaîne côtière tandis qu'à l'est, une grande partie de continent affaissé a été submergé par la suite et seules les parties les plus élevées ont donné naissance aux Grandes et aux Petites Antilles.

A l'intérieur des continents sont apparues des failles et des zones d'expansion ou d'affaissement ; exemples : la grande faille qui traverse l'Afrique, du nord au sud, depuis la mer Rouge en passant par les Grabens; les nombreuses vallées, les cañons, les gorges, etc., nous fournissent des « détails » de cette expansion du globe terrestre.

Tandis que le Pacifique s'est formé sous l'action directe de la percussion, l'Atlantique est une large faille provoquée par l'expansion du noyau terrestre. Le fond de ces océans est donc différent, ce qui concorde avec les observations de VENING-MEINESZ et d'autres auteurs.

4) Le corps percutant, en pénétrant dans le noyau visqueux, a freiné le mouvement de rotation de la Terre.

Ce phénomène a eu pour conséquence un mouvement vers l'est du sima dont la fluidité était et est encore plus grande que celle des autres couches constitutives du globe; le « freinage » venant du noyau, les couches de la surface, par inertie, ont été entraînées vers l'est. Cette hypothèse explique la « dérive » vers l'est des fragments de sial détachés de l'Afrique Orientale et du sud de l'Asie (Australie, îles de la Sonde, etc.) tandis que le sima supportant le sial américain s'écoulait moins brusquement vers la « fosse » du Pacifique en n'entraînant vers l'ouest que quelques petites îles et en détachant la presqu'île de Californie du continent.

La zone de percussion se trouvant approximativement aux antipodes de l'Europe, on comprend pourquoi l'hémisphère sud est océanique tandis que l'hémisphère nord est plus continental.

5) Tandis que le corps percutant pénétrait dans le noyau, des « ondes sismiques » d'une violence extrême ont secoué tout le globe causant des tremblements de terre, des raz de marées, des plissements, des failles, faisant jaillir des volcans et projetant en différents points des matières lourdes des profondeurs de la Terre, origine des gîtes métallifères, etc.

Certaines « pulsations » du globe terrestre très atténuées actuellement, ne seraient-elles pas en relation avec les grandes secousses sismiques qui ont accompagné la percussion ?

6) Le « cataclysme » a marqué ensuite son influence sur le climat général de la Terre en provoquant une modification rapide des conditions de vie en surface.

Si nous supposons que pendant cette période l'intensité et la nature du rayonnement solaire sont restées constantes, nous verrons qu'après la

percussion et l'expansion du globe terrestre, un refroidissement intense s'est produit amenant des pluies diluviennes sur toute la Terre et conduisant infailliblement aux périodes glaciaires et inter-glaciaires du quaternaire.

En effet, sous l'influence de l'expansion, le sima visqueux et très chaud a dû suivre l'augmentation de volume du noyau et, de ce fait, son « épaisseur » a diminué. Il en est résulté une diminution sensible de la chaleur émise par cette couche vers la surface.

Nous verrons plus loin, en détail, les importantes modifications subies par l'atmosphère terrestre. (Le « déluge » page 416 ; les glaciations, page 417).

7) Dans le domaine de la paléoclimatologie, il est probable qu'avant le Tertiaire, les saisons n'étaient pas marquées comme elles le sont actuellement dans les régions tempérées et froides du Globe.

Notre théorie permet d'émettre deux hypothèses relatives à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre sur le plan de l'écliptique.

a) Le corps céleste ne s'est pas placé exactement au centre du noyau ; d'où inclinaison de l'axe de rotation.

b) Lors de la percussion, la couche « radio-active » correspondant au Pacifique a été déchirée et n'a pas été remplacée dans son intégrité par le sima. Un trouble important s'est manifesté notamment dans les phénomènes électriques, magnétiques, etc., de la Terre. On sait qu'il existe une relation entre ces phénomènes terrestres et ceux du soleil (orages magnétiques). Ces phénomènes peuvent avoir modifié l'inclinaison de l'axe de rotation de notre planète sur le plan de l'écliptique.

DES CORPS CELESTES DE GRANDES DIMENSIONS ONT-ILS PERCUTE LE GLOBE TERRESTRE AU COURS DES TEMPS ?

Afin de répondre affirmativenent à cette question, nous devons faire intervenir des notions de cosmogonie et apporter ensuite le « témoignage » de notre satellite, la Lune, qui, sans atmosphère et sans océan, a laissé intactes les zones d'impacts des corps percutants.

Il y a quelques années, G. Lemaitre (18) proposait la théorie de l'Atome Primitif comme origine de l'Univers. Dans cet Univers existe un nombre incalculable d'univers-îles et, la Voie Lactée, dans laquelle se trouve notre système solaire est un de ces univers-îles.

Suivant cette théorie, c'est par l'« explosion » de cet Atome Primitif que l'Univers se serait formé. La matière cosmique était donc très dispersée à l'origine. Cependant, elle s'est condensée progressivement en certains points qui sont devenus lumineux tout en s'animant d'un mou-

vement tourbillonnaire. A ce stade, la matière forme la nébuleuse dont de nombreux exemples sont visibles dans le ciel.

On constate que, dans la nébuleuse, la condensation est particulièrement forte au centre ; en outre, au fur et à mesure que le mouvement de rotation se manifeste, la masse de la nébuleuse s'aplatit et elle passe de la forme sphérique à la forme lenticulaire.

Dans la nébuleuse, des anneaux de matière cosmique se séparent les uns des autres pour donner, par condensation, en certains points, les planètes et leurs satellites.

L'examen du ciel, à l'œil nu ou au téléscope, montre que la matière cosmique s'est condensée et se condense encore en un nombre impressionnant de points ; les météorites nous indiquent que jour après jour, de la matière du cosmos se rassemble sur les « points » d'attraction les plus importants : les soleils, les planètes et leurs satellites. On peut conclure que le cycle commencé lors de l'explosion de l'Atome Primitif se fermera lorsque, arrivés au stade final de corps célestes morts (météorites, la Lune)), les satellites auront rejoint les planètes autour desquelles ils ont tourné pendant des millénaires et les planètes ne formeront plus qu'une masse avec le soleil dont le rayonnement aura cessé depuis longtemps. A ce stade, la matière serait prête pour une nouvelle « explosion » à moins que la rencontre de plusieurs soleils « éteints » ne soit nécessaire pour provoquer ce phénomène.

Pour ce qui concerne plus particulièrement l'histoire de la Terre, la chute de météorites semble avoir été particulièrement importante au cours de certaines périodes, tant par le nombre que par le volume des projectiles. Actuellement, les météorites de quelques tonnes arrivant jusqu'au sol sont extrêmement rares. Par rapport aux dimensions de la Terre, ce sont des « microcosmes » car leur point d'impact à la surface du globe serait invisible pour un observateur placé sur notre satellite, par exemple. Parmi les chutes de météorites, dont les effets sont encore visibles de nos jours, signalons le célèbre « Meteor-Crater » du désert de l'Arizona ; c'est grâce à des conditions particulièrement favorables que cette fameuse dépression a pu persister jusqu'à nos jours (zone désertique dans laquelle l'érosion et la sédimentation par les eaux ont été nulles et les transports éoliens vraisemblablement très faibles).

Si nous établissons une comparaison entre la chute des météorites sur la Terre et une sédimentation de particules solides de diverses grosseurs dans un milieu liquide moins dense que ces particules, on peut admettre, qu'au cours des temps, d'innombrables masses de matière cosmique se sont trouvées dans le champ d'attraction de notre planète et de son satellite ; les plus grosses, en tombant sur la Terre, y ont provoqué de véritables cataclysmes.

Nous pouvons considérer qu'à ce point de vue la Terre traverse présentement une période de calme car les « étoiles filantes » qui apparaissent dans le ciel sont des météorites de très petites dimensions

puisqu'elles ne contiennent que quelques grammes ou fraction de gramme de matière.

On peut les considérer comme des « ultra-microcosmes » de la « sédimentation céleste » vers la Terre.

La Lune représente un matériel expérimental de choix pour l'étude de la « sédimentation céleste ». Comme la Terre et le Soleil, elle est issue de la nébuleuse. Les astres passent par différents états au cours de leur évolution : ainsi notre soleil est passé par l'état stellaire qui représente le maximum de température et une grande activité : c'est l'état actuel de Sirius de la constellation du Grand Chien et de Véga, dans la constellation de la Lyre.

Ce stade de la « jeunesse » est dépassé par notre soleil et les taches, qui apparaissent à sa surface, indiquent son « grand âge ».

Par refroidissement, notre soleil atteindra le stade actuel d'Aldébaran dans la constellation du Taureau et d'Arcturus dans celle du Bouvier.

On considère que le refroidissement progressif des étoiles les conduit infailliblement vers un état *planétaire* caractérisé par une croûte sombre enveloppant le noyau de moins en moins lumineux. La première des grandes planètes à partir du Soleil, Jupiter, indique le début de l'état planétaire.

On sait, par les mesures effectuées par les astrophysiciens, que la température à l'intérieur des taches solaires est nettement plus basse que sur les bords ; les rapports de température seraient de l'ordre de 1 à 10. On en conclut que les couches externes de la photosphère sont beaucoup plus chaudes que le noyau formé par l'ensemble des « grains de riz ». Les couches externes (chromosphère) sont moins chaudes : lorsque les taches sont sur le point de disparaître, les ponts photosphériques, extrêmement brillants, apparaissent.

Par analogie, on peut conclure que la Terre possède, entre le Nifé et le sima visqueux, une couche dans laquelle les phénomènes sont particulièrement intenses. Avec l'évolution de l'astre, cette couche, d'abord près de la surface, descend en profondeur tout en diminuant d'épaisseur. Quand elle a disparu complètement, l'astre perd toute activité ; c'est le cas de la Lune.

Cette couche doit être vraisemblablement le siège des phénomènes calorifiques, électriques, magnétiques, etc., les plus importants ; en outre, c'est elle qui préside à la rotation de la Terre sur elle-même car dans la Lune, où elle a cessé d'agir, la rotation a cessé également, tandis que pour Jupiter, planète à l'état « jeune », la rotation est très rapide : 9 h 50 m pour un volume 1.295 fois celui de la Terre, mais une masse seulement 318 fois plus forte que celle de la Terre.

Si nous établissons un parallèle entre le comportement de la Terre et de la Lune vis-à-vis du Cosmos, nous constatons que par suite d'un volume 50 fois plus petit que celui de la Terre et l'absence d'atmosphère pour freiner le refroidissement, notre satellite est arrivé au dernier stade de sa vie, c'est-à-dire d'astre mort dont toutes les couches sont figées et sans mouvement de rotation sur elle-même. Par contre, notre planète possède encore des couches très chaudes, très fluides ou visqueuses, en profondeur, et est animée du mouvement de rotation que nous connaissons.

D'autre part, l'absence d'atmosphère a permis aux éléments du Cosmos de percuter le globe lunaire sans entrave : en outre, les traces de ces cataclysmes n'ont pas été effacées, soit par les eaux (érosion, sédimentation), soit par les transports éoliens.

La Lune pourra donc fournir le témoignage de la chute d'un nombre impressionnant de météorites de toutes dimensions et la preuve que la Terre a, elle aussi, subi d'importants bombardements du Cosmos.

Les sélénistes sont divisés quant à l'origine des montagnes lunaires caractérisées par leur disposition en chaînes circulaires. Jadis, on admettait généralement que les cirques lunaires étaient d'anciens volcans dont les sommets s'étaient affaissés. Actuellement, de nombreux sélénistes pensent que le relief lunaire est dû, en majeure partie, à la chute de météorites.

Cette dernière hypothèse paraît la plus plausible. En effet, si nous examinons les photographies lunaires obtenues à l'aide de puissants téléscopes, nous constatons que les accidents du relief lunaire sont provoqués par la percussion de corps de grosseur décroissante au fur et à mesure que nous nous rapprochons de l'époque actuelle.

Il est possible de distinguer, sur les photographies lunaires, des types d'empreintes nettement différents :

1°) Les grandes taches sombres appelées les « océans », les « mers » ou les « golfes » lunaires (exemples: mer des Pluies, mer de la Sérénité, océan des Tempêtes, etc.). On peut admettre que ces grandes taches sombres proviennent de l'impact de corps célestes de grandes dimensions à une époque, de l'évolution lunaire, où son noyau central était encore à l'état fluide tandis que la croûte externe se trouvait à l'état visqueux, voisin de l'état solide. Cette croûte a cédé sous l'influence du corps percutant sans présenter de bords escarpés ; la zone de percussion apparaît comme une grande tache sombre sur le disque lunaire ; elle montre le noyau métallique de l'astre ; il est recouvert d'une mince couche de la croûte et des « poussières » provenant des percussions postérieures.

2°) Les cirques lunaires à partie centrale sombre avec bordure montagneuse bien nette mais sans piton central (exemple : Platon, Archimède, etc.). On constate, tout d'abord, que ces cirques sont de dimensions nettement inférieures à celles de la catégorie précédente.

Ils sont plus récents que ceux-ci puisqu'on les observe fréquemment dans les « océans », les « mers » et les « golfes ». Les bords escarpés entourent complètement la zone centrale, de couleur sombre, du noyau métallique. A ce stade, le noyau était encore semi-fluide mais la croûte lunaire était déjà durcie.

3°) Les cirques lunaires avec piton central bien défini (exemples : Eratosthène, Kepler, etc.). Ce sont des cirques moins nombreux que les précédents. En général, leur diamètre est inférieur à celui de la catégorie précédente. Lors de l'impact, la matière du noyau, presque solide, a rejailli après l'entrée du bolide et est restée figée en formant le piton central.

4°) Les plus petits accidents lunaires, visibles au téléscope, montrent des points d'impacts en forme de coupelle : il est intéressant de constater que les boulets d'acier lancés par une pièce d'artillerie sur une plaque de blindage provoque, dans l'acier du blindage, des coupelles analogues ; ceci prouverait que les dernières météorites et la surface lunaire où les coupelles sont visibles sont formées de l'alliage fer-nickel.

Ces points d'impacts, en forme de coupelle, indiquent les chutes les plus récentes car on peut les observer dans les zones frappées antérieurement et indiquées aux n^{os} 1, 2 et 3.

A l'échelle du globe lunaire, on peut estimer que les plus grosses « coupelles » auraient été formées par la chute de météorites de plusieurs millions de tonnes de matières, tandis que les plus petites, à peine visibles sur les meilleures photographies lunaires, pourraient avoir des dimensions du même ordre de grandeur que celles des grosses météorites ayant atteint la croûte terrestre au cours des derniers temps (par exemple : le Meteor Crater ; le bolide tombé en Sibérie le 30 juin 1908).

5°) Des points d'impact de dimensions moyennes autour desquels on observe de longues trainées radiales blanchâtres (exemple : Copernic).

On peut supposer que ces météorites sont contemporaines des catégories 2 et 3 d'après les dimensions et la forme des aires de percussion. Les énormes traînées blanchâtres impliquent la présence, dans ces météorites, de matériaux légers (non métalliques) ayant pour origine le sial ou le sima ou encore les couches ayant subi l'action désagrégeante ou dissolvante de matières liquides (par analogie avec la Terre: les schistes et les calcaires).

Les voyages projetés vers la Lune au cours des prochaines décades permettront, notamment, de vérifier cette dernière hypothèse ; si elle s'avère exacte, on pourra présumer que ce sont les débris de la plus externe des « petites planètes ». L'éclatement de cette planète aurait donné naissance à cet essaim d'astéroïdes qui gravitent entre Mars et Jupiter. Certains de ces astéroïdes ont une forme sphéroïdale ; d'autres

présentent des variations de la réflexion des rayons solaires qui les frappent ; cette particularité permet de supposer qu'ils sont issus des couches externes d'une ancienne planète.

6°) Les sélénoclastes ou crevasses observées à la surface du globe lunaire auraient pour origine le refroidissement interne, suivant certains auteurs.

Il est possible d'admettre également qu'elles aient pu se former lors de la percussion d'une météorite à une époque où la partie extérieure du noyau métallique était solidifiée tandis que le centre était encore plus ou moins visqueux.

7°) Il est probable que des volcans analogues à ceux que nous observons sur la Terre ont déversé la lave autour de leur cratère à une époque où la couche « radio-active » lunaire était encore en activité. Ces phénomènes peuvent être en relation avec la percussion de corps célestes de masse suffisante pour disloquer complètement la croûte externe et atteindre le noyau ; la lave peut alors s'infiltrer entre les fissures de la croûte qui lui offre une voie de moindre résistance vers la surface.

La Lune a donc subi un bombardement incessant au cours des temps.

La Terre, qu'elle a accompagnée pendant cette ronde combien de fois millénaire, a traversé des périodes de troubles semblables. Cependant, l'enveloppe gazeuse qui forme son atmosphère l'a protégée dans une certaine mesure contre les innombrables chutes de petites météorites ; celles-ci, en effet, sont arrêtées dans les couches supérieures de l'enveloppe gazeuse. Les projectiles de plusieurs kilogrammes à plusieurs tonnes « explosent » souvent dans la troposphère. Mais quand un bolide de plusieurs milliers de tonnes percute le sol, il provoque, dans un rayon assez étendu, des dégâts considérables. (Bolide tombé en Sibérie, le 30 juin 1908).

On conçoit aisément que des corps célestes de dimensions à l'échelle de celle du globe terrestre (gros astéroïdes, satellites, noyau cométaires) percutant notre planète pourraient y provoquer d'énormes plissements et modifier profondément les conditions climatiques établies au cours des périodes de calmes. Nous démontrerons, par la suite, que seule la percussion dans la zone du Pacifique actuel a provoqué l'érection des chaînes alpines et la génèse des continents et des océans actuels.

— LES PRINCIPALES THEORIES QUI ONT ESSAYE D'EXPLIQUER CES PHENOMENES

— CRITIQUES AUXQUELLES ELLES ONT ETE SOUMISES

— PARALLELE AVEC LA PRESENTE THEORIE

La théorie de la contraction de l'écorce sous l'influence du refroidissement

Cette ancienne théorie a été abandonnée parce qu'elle n'a pu expliquer comment, par le fait de la contraction, les plis des Alpes peuvent se dérouler sur plus de 1.000 kilomètres.

En outre, selon cette théorie, les océans actuels se seraient formés par l'affaissement de la croûte terrestre. Or, les déterminations de Vening-Meinesz, notamment, ont montré que le fond du Pacifique est, en grande partie, formé par le sima, ce qui exclus la présence d'une croûte sialique, donc continentale.

Enfin, la poussée de « voûte », provenant de l'effondrement, aurait provoqué la formation des chaînes côtières en bordure de cet océan ; l'objection faite au sujet des Alpes s'applique ici. D'ailleurs de nombreux géologues admettent que seuls des *efforts tangentiels de grande envergure* peuvent provoquer l'érection de telles chaînes.

La théorie des courants subcrustaux ou des courants de convection a été proposée en vue de remettre en honneur la théorie de la contraction et des mouvements de la croûte terrestre.

C'est en 1929 qu'Holmès (12-13) soutient l'hypothèse que les courants subcrustaux pourraient provoquer la formation des chaînes de montagnes et la formation des continents et des océans par les déplacements de la couche de sial sous l'influence du sima visqueux en mouvement.

Sa théorie tient compte de la différence de densité des couches de l'écorce et des écarts de température provoqués par la radio-activité du sol.

Umbgrove (33) et G. F. S. Hills (11) admettent que le sial s'est rassemblé au pôle nord (Laurasia) et au pôle sud (Gondwana) sous l'influence des courants subcrustaux. Par suite de la diminution d'intensité des courants de convection consécutif au refroidissement de la Terre, la rotation de celle-ci aurait provoqué une prédominance de ce facteur et le chevauchement de la Laurasia et de la Gondwana vers l'équateur.

Griggs (10) a réalisé des expériences de laboratoire dans lesquelles des substances visqueuses, entraînées par des rouleaux, conduisent à la formation, en surface, des géosynclinaux et à l'érection de chaînes de

montagnes. Mais on peut objecter que, toutes proportions gardées, les moyens mis en œuvre pour réaliser ces expériences, sont infiniment supérieurs en puissance et en rapidité d'action à ceux qui pourraient se présenter dans les couches profondes de l'écorce terrestre. En effet, on peut se demander si une différence de température existe, en réalité, dans le sima visqueux et, même si cette différence existe, si elle est suffisante pour provoquer les plissements de sédiments en bordure des masses continentales et permettre l'érection des grandes chaînes de montagnes à l'intérieur des continents.

D'autre part, certains faits sont en contradiction avec la théorie : d'après celle-ci, le maximum d'intensité des courants subcrustaux devrait se présenter sous l'énorme massif de l'Himalaya et celui-ci devrait se diriger vers le sud. Or, on observe au voisinage du lac Baïkal des refoulements provenant d'une poussée vers le nord : cette poussée est contemporaine des plissements alpins. Si la théorie est exacte, entre les zones soumises à des mouvements en sens inverse devrait apparaître une zone d'expansion ; ce n'est pas le cas.

La théorie de la « dérive » des continents ou des translations continentales a connu un très grand succès il y a un quart de siècle.

C'est en 1910 que A. Wegener (36) et F. B. Taylor (28) ont lancé la théorie de la dérive des continents. Bien que les conceptions de Wegener et de Taylor soient nettement différentes, les Américains ont réuni ces deux noms et l'appellent volontiers la théorie de Taylor-Wegener.

Il nous paraît inutile de reprendre ici les nombreux et intéressants arguments géographiques, géophysiques, paléoclimatiques, etc., que Wegener a donné dans son intéressant ouvrage sur cette question.

Il faut dire immédiatement que la théorie de la « dérive » est tombée sous les coups de la critique après avoir connu un réel engouement. De l'avis de ses adversaires les plus résolus, elle a fourni cependant des arguments vraiment troublants. Ces arguments sont exacts et restent valables pour notre théorie.

Nous donnons ci-dessous les grandes lignes des conceptions de Wegener et de Taylor ainsi que les principales critiques qu'elles ont subies.

Alfred Wegener dans son ouvrage intitulé : « La génèse des continents et des océans. Théorie des translations continentales », considère que le continent américain a dérivé vers l'ouest et s'est séparé de l'Eurafrique en créant une immense faille : l'océan Atlantique. C'est en observant la similitude des côtes orientales de l'Amérique du Sud et des côtes occidentales de l'Afrique que l'idée d'une translation continentale est venue à l'esprit de Wegener.

Suivant Wegener, l'Amérique se serait déplacée, vers l'ouest, plus rapidement que l'Afrique. Il considère que le fond des océans est formé

de matières denses et que les continents formés par le sial, plus léger, flottent sur le sima visqueux. C'est, notamment, par la dérive vers l'ouest et par la résistance du fond du Pacifique que la chaîne des Andes et les Montagnes Rocheuses se seraient formées.

WEGENER lie donc intimement l'érection des chaînes de montagnes aux translations continentales.

Voici quelques critiques dont a été l'objet la théorie de WEGENER.

AU POINT DE VUE GEOGRAPHIQUE

Si la théorie des translations permet d'expliquer la dérive de l'Amérique du Sud par rapport à l'Afrique, il n'en est pas de même pour bien d'autres « similitudes » géographiques, par exemples : les côtes de la Baltique et du golfe de Bothnie ; le Jutland et la baie d'Oslo ; la Corse et la côte italienne ; les côtes de l'Adriatique, etc. Parmi les similitudes de leurs côtes, signalons que l'Australie, la Nouvelle-Guinée, les îles de la Sonde, etc., peuvent se « placer » le long des côtes de l'Afrique orientale et de l'Asie méridionale.

Si l'on découpe dans des feuilles de matières plastiques (plastiline) l'ensemble du continent américain et que l'on essaie de placer cet ensemble contre les côtes occidentales de l'Europe et de l'Afrique, on constate que l'Amérique Centrale a dû subir un étirement de près de 2.000 kilomètres. Ce phénomène n'est pas explicable par la théorie des translations ; il cadre parfaitement avec les principes énoncés dans notre théorie.

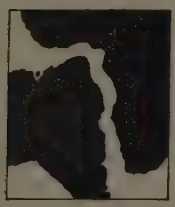

Figure 1

Suivant A. Wegener

SIMILITUDE DES COTES DE L'AMERIQUE DU SUD ET DE L'AFRIQUE

Au point de vue géologique la concordance est bonne entre les assises des deux continents (Du Toit).

AU POINT DE VUE MECANIQUE

Signalons tout d'abord que les conceptions de WEGENER et de TAYLOR sont en contradiction : suivant WEGENER les continents ont dérivé vers l'ouest tandis que pour TAYLOR, les massifs continentaux se sont déplacés, les uns par rapport aux autres, en convergeant vers l'équateur. Ce point de vue de TAYLOR explique dans une certaine mesure la génèse des chaînes montagneuses entourant la mer des Caraïbes, les chaînes méditerranéennes, celles de l'Asie Centrale et des îles de la Sonde; mais encore faut-il supposer que la ligne des pôles ait occupé un emplacement un peu différent de celui de l'époque actuelle. Si l'on se base sur le fait que le champ de force de la Terre tend à faire cheminer les « mobiles »

des pôles vers l'équateur, les blocs continentaux devraient tous se rassembler dans la zone équatoriale ; ce n'est pas le cas. De toute façon, la théorie de WEGENER se trouve en contradiction avec ce principe de mécanique puisqu'elle suppose que les continents ont dérivé vers l'ouest.

Quant à l'effet précessionnel en relation avec les attractions solaire et lunaire agissant sur le renflement équatorial et le glissement des massifs continentaux sur le substratum visqueux, SCHWEYDAR (24) a démontré que cet effet est seulement effectif jusqu'au 36° parallèle et, qu'en outre, il aurait produit, sur l'Amérique du Sud, un mouvement inverse de celui qui est admis par WEGENER.

LAMBERT (17) estime que les forces réellement actives mises en jeu dans les phénomènes des translations et de surrection des chaînes de montagnes peuvent être de l'ordre d'un cent millième de dyne par centimètre carré pour faire dériver les Amériques vers l'ouest tandis que pour provoquer le plissement des couches ayant donné naissance aux Montagnes Rocheuses, les forces en action auraient été voisines d'un milliard de dynes par centimètre carré.

De son côté EPSTEIN (8) a démontré que les forces centrifuges ou les forces « répulsives » des pôles provoquant la dérive vers l'équateur sont insuffisantes pour permettre les plissements sensiblement parallèles à l'équateur : il estime qu'elles pourraient à peine donner naissance à des élévations de 10 à 20 mètres.

Comment faire concorder avec la théorie de la dérive suivant WEGENER le déplacement de l'Australie vers l'est pendant que l'Eurasie déviait vers l'ouest ? Et pourquoi un mouvement de rotation a-t-il été constaté pour Terre-Neuve tandis que les îles Falkland se déplaçaient vers le nord et l'Amérique vers l'ouest ?

D'autre part, l'Afrique présente des chaînes plissées au nord et au sud. Pour expliquer leur formation suivant la théorie de la dérive, ce continent aurait dû se déplacer tantôt vers le nord, tantôt vers le sud.

MOLENGRAAF (21), se basant sur la présence d'une croûte médiane s'étendant du nord au sud dans l'Atlantique, conclut que les Amériques se sont déplacées vers l'ouest tandis que l'Eurafrique a dérivé vers l'est. La dérive, supposée de part et d'autre de cette crête, fait surgir une chaîne plissée en bordure ouest des Amériques. Mais on n'observe rien de semblable sur la côte est de l'Afrique !

On a aussi objecté à WEGENER qu'il n'est pas possible que le sima fluide vienne en affleurement direct sous le fond des océans ; en effet, dans ces conditions, seule une mince couche solidifiée s'interposerait entre le sima visqueux et l'eau des mers et l'on se demande si cette pellicule solidifiée résisterait à la poussée des gaz. A cette objection, WEGENER répond avec pertinence que sous 2.000 mètres de pression d'eau, celle-ci ne peut plus bouillir ; donc, si la croûte venait à se briser, rien ne se remarquerait à la surface de l'eau. Les îlots volcaniques du

Pacifique indiquent bien que le sima est en contact avec les eaux profondes de cet océan.

La théorie de WEGENER est encore critiquée par le fait qu'elle implique que l'« avant » des continents « en marche » est une zone de grande activité tectonique et est soumise à de fréquents séismes. Si ce phénomène est exact pour l'ouest des Amériques, il n'est pas vérifié pour l'ouest de l'Afrique.

WEGENER, à bout d'arguments devant toutes les objections faites à sa théorie ne peut que faire appel à des « *forces inconnues* » dont il ne peut préciser la nature. Il affirme cependant, en conclusion du chapitre relatif aux forces translatrices : « *Une chose est pourtant certaine : ce sont les mêmes forces qui produisent les grandes chaînes plissées et les déplacements des continents* ».

Si nous nous rappelons les principes de notre théorie énoncés plus haut, nous constatons que de telles critiques ne peuvent l'atteindre ; de plus les forces extrêmement grandes qui sont à la base de cette théorie sont précisément les « forces inconnues » que WEGENER, TAYLOR et tant d'autres ont cherchées en vain. Nous sommes en parfait accord avec la conclusion de WEGENER que « ce sont les mêmes forces qui ont produit les grandes chaînes plissées et les déplacements de continents ».

AU POINT DE VUE GEOLOGIQUE

L'Atlantique Sud est considéré comme une large faille dont les parois étaient jadis en contact ou très proches ; si la concordance est bonne au point de vue géographique, elle l'est également au point de vue géologique. WEGENER et DU TOIT (7) ont insisté avec raison sur ce fait.

On a demandé à WEGENER pourquoi, puisqu'il y a eu « dérive », il n'a pu trouver une concordance géologique semblable entre les côtes occidentales de l'Amérique et les côtes orientales de l'Asie ? Cette question est restée sans réponse.

Pour ce qui concerne la séparation de Madagascar et de l'Afrique, WEGENER prétend que ces terres étaient séparées, au Trias, par un fossé d'effondrement. D'après LEMOINE (19) la largeur du fossé n'aurait pas dépassé 30 kilomètres car deux mammifères d'Afrique ont encore pu « coloniser » Madagascar au Tertiaire. La largeur actuelle du canal de Mozambique étant de 400 kilomètres, il en conclut que c'est seulement à l'époque tertiaire que la dérive aurait pu s'achever ! Cette affirmation ne peut pas être considérée comme une certitude car plusieurs explorateurs ont vu passer des « îles flottantes » sur les grands fleuves de régions tropicales ; ces masses énormes de végétaux, renfermant selon toute probabilité des animaux vivant en symbiose avec ces amas végétaux, ont pu franchir des bras de mer de plusieurs centaines de kilomètres et passer ainsi d'Afrique à Madagascar ; l'argument avancé ci-dessus ne doit pas être considéré comme un argument majeur.

Dans son exposé sur la « dérive », WEGENER insiste sur le fait que si l'on « déroule » les plis de l'Himalaya, l'Inde Péninsulaire vient se placer au niveau de Madagascar ; dans ces conditions, le soubassement gneisique de l'Inde vient coïncider avec celui de Madagascar. Cependant, il faut noter que les plis des Alpes se sont formés à la même époque ; si l'on effectue le même « déroulement » des Alpes, on déplace l'Afrique d'environ 1.500 kilomètres vers le sud et la coïncidence avec Madagascar disparaît !

On a reproché également à la théorie de WEGENER de ne pas fournir de renseignements géologiques concordants en ce qui concerne les côtes occidentales et orientales du Pacifique. On se demande également pourquoi le continent asiatique en « dérive » vers l'ouest laisse-t-il des guirlandes d'îles plissées aussi fortement que le bord occidental des Amériques ?

Dans son étude sur les « flexures » de la Chine orientale, TEILHARD DE CHARDIN (30) déclare que l'Asie ne s'éloigne pas de l'Amérique ; elle n'est pas en dérive ou en rétention, mais en expansion.

En exposant plus loin la génèse du Pacifique et de l'Atlantique suivant notre théorie, nous donnons une réponse à ces critiques.

AU POINT DE VUE GEODESIQUE

WEGENER a, entre autres, déterminé la variation de la distance entre le Groënland et l'Europe dans le but d'apporter de nouveaux arguments en faveur de la théorie de la dérive.

Il faut mentionner ici, contre la théorie des translations, le travail de STOYKO (26) montrant l'évidence de déplacements périodiques des continents. En effet, les mesures effectuées par divers observatoires indiquent une variation périodique des longitudes d'une durée de l'ordre de onze ans et demi. Il n'y aurait donc pas dérive mais déformation du globe terrestre.

D'autre part, ces déterminations géodésiques ne peuvent apporter aucun argument intéressant au sujet traité ici.

AU POINT DE VUE PALEONTOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

WEGENER a discuté la dispersion des espèces notamment en ce qui concerne les « ponts continentaux » et la « dérive ». Il conclut que, par la similitude des faunes continentales l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Inde et l'Australie étaient autrefois réunies ou simplement en communication par des isthmes. Ce fait est d'ailleurs confirmé par d'autres sciences.

Les arguments en faveur ou contre la dérive étant sujets à des erreurs d'interprétation par suite de la complexité des recherches ayant un caractère biologique, nous pourrons considérer que les renseignements fournis provisoirement ici doivent être appuyés par d'autres disciplines ;

nous conclurons avec Edw. W. Berry (4) qu'au point de vue paléontologique, la théorie de Wegener soulève plus de problèmes qu'elle ne semble en résoudre.

La théorie que nous proposons ici part de l'hypothèse suivante : avant les plissements alpins, les continents actuels étaient en communication les uns avec les autres ou ne formaient qu'un seul bloc tandis que les mers, très chaudes, étaient peu profondes pendant que l'attaque des masses sialiques étaient intense et la sédimentation abondante (mers très chaudes par suite de la présence du sima visqueux relativement près de la surface ; attaque intense du sial et sédimentation abondante par suite de la température élevée de l'eau, les mouvements de rotation plus rapide de la Terre et les effets de marée beaucoup plus intenses par suite de l'attraction de deux satellites au lieu d'un, actuellement).

Cette dernière hypothèse semble confirmée par certains documents archéologiques représentant deux « Lunes » dans le ciel.

Lorsque nous exposons, plus loin, la génèse de l'océan Pacifique, nous ne rejetons pas l'hypothèse qu'un satellite ait percuté la Terre au centre de cet océan. Nous verrons également que l'Amérique du Sud, l'Afrique, l'Inde, l'Australie et l'Antarctique étaient réunis ou en communication par des isthmes.

AU POINT DE VUE PALEOCLIMATOLOGIQUE

On sait qu'un important changement de climat s'est manifesté au cours de l'époque Quaternaire : d'énormes calottes glaciaires ont couvert une grande partie du continent américain (Canada), l'Europe septentrionale et le nord-est de la Sibérie.

Afin d'obtenir un argument en faveur de la dérive, Wegener fait ressortir le fait suivant : la calotte de glace de l'Amérique du Nord vient s'adapter, à quatre degré près, en regard de celle de l'Europe. Il en conclut que, dans l'Atlantique Nord, la dérive serait très récente.

Cependant, on peut émettre quelques doutes quant à la dérive « récente » dans l'Atlantique Nord ; en effet, notre théorie montre qu'à l'échelle des temps géologiques, la grande faille atlantique s'est ouverte rapidement du nord au sud et que la séparation de l'Amérique du Nord et de l'Europe est contemporaine de celle de l'Amérique du Sud et de l'Afrique.

D'autre part, pour que les calottes glaciaires puissent se former, il est indispensable qu'un abaissement moyen de la température se soit manifesté partout sur la Terre, mais plus particulièrement dans les régions polaires. La théorie de la « dérive » est muette à ce sujet. De plus, l'énorme masse continentale sibérienne est couverte, pendant la saison froide par un vaste anticyclone thermique qui s'oppose aux influences océaniques, par conséquent, aux abondantes précipitations qui sont nécessaires pour former ces importantes calottes glaciaires.

En se basant sur des considérations géophysiques, notre théorie explique le grand refroidissement observé au début du Quaternaire ; d'autre part, les abondantes précipitations consécutives à ce refroidissement ont permis l'établissement d'une calotte glaciaire sur la Sibérie, les influences anticycloniques ne pouvant se marquer aussi nettement à cette époque qu'au cours des temps actuels.

Nous faisons ici une remarque analogue à celle énoncée lors de l'examen des questions de paléontologie ; les études de paléoclimatologie étant très complexes et les observations qui s'y rapportent étant particulièrement délicates, il est nécessaire d'envisager une confirmation des renseignements paléoclimatologiques par ceux d'une autre science qui envisage les mêmes problèmes.

La théorie de la « dérive » conçue suivant TAYLOR (28), en 1910, a été abandonnée à la suite des nombreuses inexactitudes constatées.

Suivant TAYLOR, la « dérive » s'est produite suivant l'axe de l'océan Atlantique et de l'océan glacial Arctique. En dérivant vers le Pacifique, l'Eurasie serait venue s'écraser contre les boucliers formés par l'Afrique, l'Arabie et l'Inde péninsulaire avec comme conséquence la formation des plissements alpins et la génèse de la Méditerranée.

Quant aux Amériques du Nord et du Sud, elles auraient subi un mouvement général vers l'ouest et un second mouvement de rapprochement avec comme conséquence l'écrasement de la région des Antilles.

Dans le but de donner une explication à la forme arquée des chaînes de montagnes de l'Asie, TAYLOR estime que la Terre n'a jamais été portée à une température plus élevée que celle qu'elle possède aujourd'hui et qu'elle n'a pu se contracter par refroidissement. D'après l'évolution normale des astres, nous savons que la Terre se refroidit insensiblement malgré l'énorme quantité de chaleur dégagée par les corps radio-actifs qu'elle renferme ; ce n'est pas un argument pour démontrer que la théorie de la contraction est inexacte en ce qui concerne les grands plissements alpins. Quant à la disposition en forme d'arc des montagnes de l'Asie, elle serait provoquée par un mouvement de dérive ou de glissement vers le sud. Dans le chapitre relatif à la génèse du Pacifique, nous donnons une autre hypothèse au sujet de la forme arquée des chaînes de l'Asie.

Pour expliquer la génèse des chaînes de montagnes de toutes les régions du Globe, TAYLOR fait cheminer les débris de la croûte terrestre dans toutes les directions : l'Amérique du Nord dérive vers le sud, l'Amérique du Sud, au Tertiaire, chemine vers le nord pour écraser la région des Antilles ; en même temps, elle glisse vers l'ouest car elle fut antérieurement accolée à l'Afrique ; celle-ci, suivant TAYLOR, s'est déplacée vers l'est, probablement au Permien et enfin, l'Australie a cheminé, à son tour, vers le nord-est !

La fosse méditerranéenne et l'effondrement des Antilles sont provoqués, suivant TAYLOR, par les mouvements en sens inverse des conti-

nents de l'hémisphère nord et de l'hémisphère sud ; il croit que les forces responsables de ce mouvement sont d'origine externe ; l'attraction lunaire y serait prépondérante. On conçoit mal que les efforts de compression qui ont provoqué l'érection des Alpes, en Europe et des chaînes du Nord de l'Afrique aient laissé intacte, jusqu'à ce jour, la grande fosse méditerranéenne au pied même de ces massifs montagneux. En outre, depuis que les forces responsables de ces mouvements s'exercent sur la croûte terrestre, il y a longtemps, semble-t-il, que tous les continents devraient se trouver rassemblés à l'équateur.

Nous admettons avec TAYLOR et de nombreux géologues qu'avant les plissements alpins les continents et les îles actuels formaient un seul bloc, la *Pangaea*, recouverte en grande partie par des mers néritiques desquelles émergeaient les anciennes chaînes de montagnes et quelques îles. Cependant, il n'est pas logique d'admettre que la Pangaea était

Figure 2

Suivant Taylor

des poussées, avec le Groënland comme centre, auraient provoqué la « dérive » des continents vers le Pacifique et l'érection des chaînes alpines

⁂

Il est extraordinaire de constater que les régions du Groënland se trouvent sensiblement aux « antipodes » de la zone de « percussion » dans le Pacifique. Les « lignes de force » indiquées par Taylor coïncideraient sensiblement avec l'allure générale d'une « onde sismique » extrêmement violente qui aurait pris naissance dans la zone du Groënland ; elle se serait heurtée à certains endroits du globe à celle venant du Pacifique.

entourée par une masse uniforme d'eaux océaniques, la *Panthalassa*, de même que l'océan Pacifique actuel ait existé depuis les temps les plus reculés. En effet, il y a une grande probabilité d'admettre que la sédimentation « cosmique » et la sédimentation « terrestre » provoquée par les agents de nivellement des mers et de l'atmosphère aient effectué ce travail incessant d'une manière uniforme à la surface de la Terre.

Seuls des cataclysmes, comme l'avait entrevu Cuvier, sont venus troubler cette uniformité en apportant des modifications du relief de plus en plus importantes au fur et à mesure que la Terre se refroidissait ; en effet, par suite du refroidissement, la croûte sialique a vu son épaisseur augmenter avec comme conséquence, lors des cataclysmes, l'érection de chaînes de montagnes de plus en plus élevées et le creusement de fonds abyssaux de plus en plus profonds.

La contraction, due au refroidissement du globe, a provoqué de très légères modifications du relief formant des mers néritiques étendues et peu profondes, entourant de nombreux îlots sur lesquelles l'évolution des premiers êtres terrestres a pu commencer. Ces mers néritiques, très chaudes et très étendues, ont été le théâtre d'une abondante sédimentation marine et l'épanouissement de la flore et de la faune marine. Cette hypothèse explique la présence de sédiments marins au centre des continents les plus vastes et la présence de fossiles marins au sommet des hautes montagnes.

Quelques hypothèses en relation avec la théorie des translations continentales

H. B. Baker (2-3), en 1912, admet la théorie de la dérive. Il suppose, comme Wegener, que les continents actuels étaient réunis pour former la Pangaea. La fracture s'effectua suivant une ligne passant par l'Alaska, l'océan Arctique et l'Atlantique. Les deux blocs, séparés, partirent à la dérive, l'un vers l'est, l'autre, vers l'ouest.

Les forces ayant engendré cette dérive auraient été provoquées par une excentricité des orbites de la Terre et de Vénus, qui, pendant un temps très court, aurait engendré une marée anormale de la croûte de sial et de sima ; selon Baker, un morceau se serait détaché au niveau du Pacifique et aurait donné naissance à la Lune.

E. Argand (1) est partisan de la théorie des translations continentales. Suivant la conception de Taylor, il admet que l'Afrique, en se déplaçant vers le nord a provoqué les plis alpins des régions méditerranéennes. Continuant leur avance, par inertie, les Alpes auraient laissé en arrière le fossé méditerranéen.

Argand ne formule aucune hypothèse sur l'ampleur des forces qui ont provoqué ce déplacement du bouclier africain ni sur les causes de l'arrêt brusque du bouclier africain permettant aux Alpes de continuer leur mouvement vers le nord !

Il émet des hypothèses assez semblables pour expliquer la formation de l'Himalaya et du plateau du Thibet.

G. A. F. Molengraaf (21), en 1928, considère que la crête médiane de l'Atlantique est la cicatrice de la grande fracture qui a séparé les Amériques de l'Eurafrique. Les premières auraient cheminé vers l'ouest. l'autre, vers l'est. Sa conception est exacte en ce qui concerne l'écartement à l'ouest et à l'est de la crête médiane. La présence des volcans déversant des laves sur cette crête médiane (confirmées par les mesures de Vening-Meinesz) est mise en parallèle avec la fracture qui s'étend de Suez à l'Afrique Australe (Great Rift Valley).

Notre théorie n'admet pas une dérive vers l'ouest ou vers l'est mais une séparation sous l'influence de l'expansion du noyau terrestre. La « Great Rift Valley » a même origine mais n'a pas subi une expansion aussi forte que l'Atlantique.

R. Staub (25) admet également l'hypothèse que la dépression du Pacifique est la conséquence du départ de la Lune vers les espaces interplanétaires. Il admet, dans une certaine mesure, la théorie de Wegener.

Il fait intervenir, en outre, l'influence des courants subcrustaux.

En prenant comme exemple l'érection des Alpes, il admet que celles-ci se sont formées par suite du déplacement vers le nord du socle africain, tandis que les courants subcrustaux auraient agi en sens inverse.

Staub nous fait donc assister à une véritable translation de l'Afrique ; les forces en présence sont, d'une part, la rotation de la Terre, d'autre part, les courants subcrustaux.

Il est étonnant de constater que les forces en présence aient cessé d'agir puisque les causes qui les provoquent existent, d'après l'auteur : rotation de la Terre et courants subcrustaux. Il n'a pas été constaté de modifications de la distance séparant la pointe sud de l'Espagne de la pointe nord du Maroc.

P. Russo (23) admet aussi un certain mobilisme de la croûte terrestre.

Les forces qui agissent sur le sima visqueux sont les attractions de la Lune et du Soleil ; le sima visqueux entraîne avec lui les fragments sialiques.

L'auteur émet l'hypothèse qu'il existe, dans le sima visqueux, des piliers plus denses, « hypervisqueux », fixés, d'une part, aux parties centrales de la Terre et, d'autre part, aux masses continentales.

Les sédiments provenant de la désagrégation des roches des continents s'accumulent en bordure de ceux-ci. D'autre part, sous l'effet de l'attraction luni-solaire le sima visqueux se déplace plus rapidement que les piliers hypervisqueux et que les continents qu'ils supportent ; il en résulte une compression des sédiments et formation des chaînes de montagnes.

Russo considère que la poussée n'est généralement pas uniforme sur la face du continent exposée à la poussée. Le continent doit alors pivoter sur lui-même et présenter ainsi successivement toutes ses faces aux forces provoquant les plissements. Sur la face opposée à ceux-ci, un certain degré de « vide » se produit ; les sédiments s'y accumulent.

D'après l'auteur, le poids des sédiments fait baisser le continent vers l'avant tandis que l'arrière se relève. Il considère que cette théorie permet d'expliquer la migration des êtres vivants à la surface de la Terre.

CONCLUSIONS

De l'examen rapide des nombreuses théories proposées en vue d'expliquer les plissements alpins et la génèse des continents et des océans actuels, il ressort qu'aucune d'elles n'a donné entière satisfaction à la critique.

La théorie de la contraction par refroidissement progressif du globe et celle des courants subcrustaux peuvent répondre aux mouvements de la croûte terrestre à une époque lointaine où notre planète était encore « jeune ».

Pour ce qui concerne les derniers plissements (plissements alpins) les théories admettant une « mobilité » de la croûte ont eu une grande vogue lors de leur présentation : mais elles ont été abandonnées à la suite de nombreuses inexactitudes constatées. En outre, les forces insignifiantes que ces théories permettent de faire intervenir sont à peine suffisantes pour amener l'érection de chaînes de quelques dizaines de mètres.

La théorie que nous proposons est nettement « catastrophique ». Les forces mises en œuvre sont colossales et à l'échelle des phénomènes observés.

Dans les pages qui vont suivre, nous allons exposer la génèse des principaux océans et des continents actuels. En appliquant notre théorie, cette génèse est extrêmement simple et claire.

DEUXIEME PARTIE

LA GENESE DES GRANDS OCEANS ACTUELS

Rappel de la théorie

— Un corps céleste de grandes dimensions, probablement un satellite de la Terre, un gros astéroïde ou un noyau de comète a percuté le globe dans la zone occupée actuellement par les eaux du Pacifique.

— Cette percussion a eu pour conséquences de creuser la fosse du Pacifique et d'ériger les chaînes alpines par suite des efforts tangentiels développés.

— En pénétrant dans le noyau terrestre, le corps céleste a provoqué une augmentation sensible du volume de la Terre. La croûte de sial, durcie, n'a pu suivre l'expansion du sima visqueux d'où l'apparition de failles dans la plupart des régions du globe. La plus grande de ces failles est l'océan Atlantique.

— Donc, pour ce qui concerne la croûte terrestre, immédiatement après les efforts tangentiels de compression s'est manifestée une expansion générale de la surface du globe ; les forces mises en œuvre pour provoquer l'expansion ont agi en sens inverse et après la compression.

La Terre avant les plissements alpins

La plupart des géologues, des géographes, des géophysiciens admettent qu'avant les plissements alpins les continents actuels étaient réunis en un ou deux blocs. Cette hypothèse est basée sur de nombreux arguments.

Pour certains, les continents de l'hémisphère sud formaient la terre de Gondwana tandis que ceux de l'hémisphère nord s'appelait la Laurasia. Entre ces deux masses continentales se trouvait, suivant l'hypothèse, la Thétis, vaste mer néritique dont la Méditerranée serait un des vestiges.

Pour d'autres, tous les continents étaient réunis dans la Pangaea, continent entouré par les eaux de la Panthalassa. La présence, au départ, de cet océan était nécessaire pour permettre aux fragments de la croûte de sial de pouvoir évoluer et de donner à la Terre son aspect géographique actuel.

Nous considérons que le sial (et les sédiments que cette couche a fournis), à l'échelle du globe, a recouvert uniformément la surface terrestre. Les premières mers étaient donc des mers néritiques ainsi qu'en attestent les nombreux fossiles marins. Elles ont couvert de grandes étendues du globe ce qui explique la présence de sédiments et de fossiles marins au centre des continents et au sommet des montagnes.

La genèse de l'Océan Pacifique et des régions voisines

Suivant notre hypothèse, c'est sensiblement au centre du Pacifique actuel que le corps céleste a percuté la Terre.

Dans la même zone de percussion les couches de sial et de sima ont été pulvérisées et projetées dans l'atmosphère.

Autour du point de chute, la croûte terrestre fut repoussée violemment. Les efforts tangentiels ont provoqué les plissements que l'on

observe présentement en bordure du Pacifique, tant en Amérique qu'en Asie.

Il faut noter, cependant, que l'Australie, la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande, les îles de la Sonde et les petites îles disséminées dans le Pacifique actuel se trouvaient, à l'époque de la percussion, en contact avec les continents africain et asiatique.

La faille Atlantique ne s'était pas encore ouverte et les deux Amériques étaient encore très rapprochées, sinon en contact, avec l'Europe et l'Afrique. Ces deux derniers continents devaient être très proches l'un de l'autre et il est probable que la Méditerranée n'existait pas ou était une mer peu profonde (mer néritique).

Le continent Antarctique était en contact avec l'Afrique du Sud, le sud de l'Amérique et l'Australie qui, comme nous venons de le voir, touchait par sa partie ouest à l'Afrique Orientale et, dans l'extrême sud-ouest, à Madagascar.

Les couches dures du sial, poussées dans des directions radiales par rapport au « point » de chute, se sont repliées et amoncelées en bordure du Pacifique pour y former les chaînes côtières et les îles bordières.

Cependant certaines portions de la croûte de sial ont résisté aux efforts tangentiels : ce sont les « boucliers » qui ont « glissé » sur le sima visqueux ; restés plus ou moins intacts, ils ont transmis les efforts tangentiels au-delà de leur masse. On peut citer notamment les boucliers d'Afrique, d'Arabie, d'Australie, d'Inde Péninsulaire, etc.

Nous voyons se former au-delà du bouclier africain, les Alpes, l'Atlas, etc. Dans les mêmes conditions est apparu le massif éthiopien sous la poussée du massif australien dont les plis les plus importants se trouvent sur la côte orientale qui, elle-même, était en contact avec la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie, fortement plissées. Le massif de l'Himalaya se dresse au-delà du bouclier formé par l'Inde péninsulaire.

A ce moment, autour de la zone de percussion, on observe un vaste cercle de montagnes côtières : si nous tenons compte que les îles bordières et celles qui ont été entraînées par le sima visqueux adhéraient aux continents, le cercle montagneux en bordure de la fosse étaient dans les grandes lignes : la Cordillère des Andes, la Sierra Nevada, les montagnes Rocheuses, les montagnes de l'Alaska, les îles Aléoutiennes, le Kamtchatka, les Kourilles, l'archipel du Japon, la Corée, les chaînes côtières de la Chine et de l'Indo-Chine, la presqu'île du Malacca, les îles de la Sonde, la Nouvelle-Guinée, le bord oriental de l'Australie, la Nouvelle-Zélande, la Tasmanie, Madagascar, les chaînes de l'Afrique du Sud et les montagnes de l'Antarctique.

Après avoir provoqué dans la croûte terrestre les perturbations signalées ci-dessus, le bolide disparaît dans le noyau central qui, d'après les données géothermiques, doit être visqueux.

Il en résulte une brusque augmentation du volume de la masse centrale visqueuse ; elle reprend immédiatement la forme du géoïde.

Le passage du bolide au travers de l'écorce terrestre laisse dans la zone du Pacifique actuel une énorme dépression qui, en vertu de la statique des fluides sera comblée partiellement par le sima visqueux des soubassements continentaux qui la bordent.

Ce mouvement centripède du sima vers la fosse Pacifique s'effectue pendant que la Terre subit le phénomène d'expansion par augmentation de volume du noyau central avec l'apparition de nombreuses failles ; l'écorce est secouée par un gigantesque tremblement de la Terre tout entière.

Des failles plus ou moins importantes vont donc apparaître partout dans le monde ; elles affectionnent particulièrement les zones plissées lors de la percussion car la rigidité de l'écorce a été brisée ; les régions montagneuses deviennent donc les parties les plus « fragiles » de l'écorce terrestre.

Par suite de l'expansion et des mouvements du sima visqueux, nous assistons à une véritable dislocation du bloc continental primitif.

En examinant les côtes qui entourent le Pacifique, on constate que, dans leur ensemble, les côtes occidentales des Amériques sont restées intactes, après la percussion (seule la presqu'île de Californie a amorçé un mouvement de séparation du continent nord américain). Par contre, de nombreuses guirlandes d'îles et de presqu'îles se sont détachées, totalement ou partiellement, des côtes est, sud-est et sud de l'Asie : plusieurs îles importantes se sont détachées de l'Afrique.

Ce phénomène peut recevoir l'explication suivante : lors de la percussion des deux corps en présence, la Terre était animée d'un mouvement de rotation autour de son axe dont la vitesse angulaire était vraisemblablement supérieure à celle dont elle est animée présentement; quant au corps céleste nous pouvons supposer qu'il n'était pas animé d'un mouvement de rotation puisque les exemples le confirment. Bien que la vitesse linéaire du bolide fût très grande et malgré le freinage, exercé par une atmosphère terrestre environ 250 fois plus forte que celle qui entoure maintenant notre planète le corps céleste aura influencé plus fortement les côtes de l'Asie et de l'Afrique puisque le mouvement de rotation est d'ouest en est ; en outre, la poussée aura été maximum dans la zone « équatoriale » du bolide (supposé sphérique). Cette zone « équatoriale » correspond sensiblement aux deux zones terrestres suivantes : Indo-Chine, Golfe du Bengale et Océan Indien, à l'ouest et à la zone des Antilles et de l'Amérique centrale à l'est. On constate que précisément dans ces zones la dislocation de la couche sialique a été intense et que la grande chaîne de l'Himalaya se trouve peu éloignée de cette région.

En pénétrant dans le noyau, le bolide a freiné considérablement la rotation terrestre ; ce freinage s'est manifesté d'abord sur le noyau et,

ensuite, sur les couches du sima. Ce dernier, refoulé en grande quantité vers l'ouest lors de la percussion et, en outre, l'inertie de la croûte de sial dont la vitesse linéaire s'est trouvée brusquement supérieure à celle des couches sous-jacentes intervenant dans le même sens, l'écoulement de la croûte superficielle s'est manifesté d'une manière plus intense de l'Asie et de l'Afrique vers le Pacifique que des Amériques vers la zone de percussion.

La disposition en arcs des chaînes de montagnes de l'Asie a attiré l'attention de nombreux géologues et particulièrement celle de Ed. Suess (27). Dans sa conception de la théorie de la dérive, Taylor a essayé de donner une explication à ce curieux dispositif. Notre théorie nous fournit les arguments suivants : lors de la percussion, les plissements se sont formés dans les régions de l'est et du sud de l'Asie. D'après la théorie de l'isostasie (conception d'Airy), à toute érection montagneuse correspond une pénétration importante des couches plissées, en profondeur, c'est-à-dire dans le sima visqueux. Or, notre théorie prévoit un écoulement du sima vers la fosse du Pacifique pour combler le « vide » laissé par le passage du bolide. Le lourd sima visqueux, dans son déplacement vers cette fosse, aura tendance à entraîner avec lui la base de la chaîne de montagnes qui a pénétré dans ses couches supérieures : or, le centre de la chaîne est toujours plus fragile que les bords qui s'appuient sur des roches non fissurées. Le centre de la chaîne sera entraîné plus ou moins par le sima tandis que les bords, restant en arrière, donneront ainsi à la chaîne son aspect arqué caractéristique.

Par le même processus, les chaînes bordières vont être entraînées en direction du Pacifique. L'expansion aidant, elles vont former les guirlandes d'îles à l'est du continent asiatique : les Kourilles, les Aléoutiennes, l'archipel Japonais, etc.

On peut considérer que l'île de Bornéo est sortie du golfe du Siam, en tenant compte, toutefois, que la presqu'île de Malacca a été déplacée vers l'est par le courant de sima qui a entraîné les îles de la Sonde depuis le golfe du Bengale jusqu'à l'endroit qu'elles occupent actuellement et que des failles prolongent la zone nord du golfe du Bengale.

L'Australie et les îles qui l'ont accompagnée dans son déplacement vers l'est-sud-est (Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Zélande, Tasmanie) occupaient l'espace de l'océan Indien compris entre la côte des Somalis et la pointe méridionale du Dekkan, aux Indes. Il faut cependant remarquer qu'en même temps que ces îles se déplacaient, des phénomènes d'expansion se sont manifestés en Asie et en Afrique : ce sont, notamment, l'expansion de la Somalie qui s'est « allongée » vers le nord-est, la grande faille qui a donné naissance à la mer Rouge et une autre grande faille à l'origine du Golfe Persique, faille qui se prolonge dans les terres par les vallées du Tigre et de l'Euphrate, vallées comblées partiellement et ultérieurement par les sédiments descendus des régions montagneuses voisines (figure 3).

FIGURE 3

Avant l'expansion qui a suivi la percussion dans le Pacifique, l'Australie occupait la plus grande partie du « vide » que représente actuellement l'Océan Indien. Elle était, sinon en contact, du moins très proche de l'Afrique par sa partie occidentale et de l'Asie Méridionale et de la Nouvelle-Guinée par ses rives du nord et du nord-est.

Les grandes failles de la Mer Rouge et du Golfe Persique, entre autres, indiquent que l'Asie a subi un mouvement combiné de flexure et d'expansion, tandis que l'Australie et les îles du Pacifique étaient entraînées par le courant de sima visqueux vers la fosse du Pacifique.

Si nous faisons parcourir à ces blocs de sial les chemins inverses de ceux qu'ils ont suivi alors, nous pouvons remplacer les masses océaniques du sud de l'Asie par les débris des terres qui occupaient cet emplacement avant la percussion ; on sait, toutefois que ces continents étaient en partie recouverts par des mers peu profondes.

La figure ci-dessus montre brièvement et schématiquement les principaux « mouvements » qui devraient être effectués par la pensée : diminuer la zone d'expansion de la Somalie, opérer la « jonction » des points aa', bb', cc', dd', ee', ff', gg', hh', ii', jj'. Le Golfe du Bengale disparaît également par la rentrée, dans ce golfe, des îles de la Sonde et de quelques petites îles du Pacifique Occidental, tandis que les presqu'îles d'Indo-Chine et de Malacca ferment ce golfe par un mouvement de rotation vers l'ouest avec la haute vallée du Brahmapoutre comme centre.

Sur les flancs est et sud-est viennent se placer la Nouvelle-Zélande et la Tasmanie, tandis que l'encadrement de l'Australie est terminé lorsque Madagascar et le continent Antarctique sont placés respectivement au sud-ouest et au sud.

En rapprochant l'Amérique du Sud de l'Afrique comme le conçoit Wegener, on reforme le bloc sialique primitif.

A l'Est de ce bloc se présente donc l'immense fosse creusée par la percussion du corps céleste ; les eaux qui vont s'y accumuler, vont former l'océan Pacifique actuel.

Cette « fosse » est encadrée complètement par les chaînes de montagnes dont l'érection est due aux formidables efforts tangentiels provoqués par la percussion. L'expansion et la « coulée » de sima visqueux vers le Pacifique ont ensuite donné à la Terre son aspect géographique actuel.

En effectuant les « rapprochements » inverses des « expansions » mentionnées ci-dessus, la « mise en place » de ces îles est concluante.

En traversant le canal de Mozambique de l'est vers l'ouest, Madagascar rejoint le continent africain.

Enfin le bloc le plus méridional de cet ensemble est l'Antarctique qui, comme l'a déjà constaté TAYLOR vient s'adapter parfaitement par l'une de ses faces dans la grande baie du sud de l'Australie ; il prend contact, à l'ouest avec Madagascar, l'Afrique Australe et la pointe méridionale de l'Amérique du Sud.

Nous avons ainsi réuni tous les éléments du continent primitif non détruits ou engloutis lors du cataclysme.

Les petites îles du centre du Pacifique représentent les premiers lambeaux de sial entraînés depuis les côtes asiatiques par la gigantesque coulée de sima visqueux qui s'est précipitée vers la zone de percussion.

La côte américaine du Pacifique est moins déchiquetée que celle de l'Asie et ne présente pas de guirlandes d'îles côtières pour les raisons énoncées ci-dessus.

La zone de l'Amérique Centrale et des Antilles a subi les phénomènes d'expansion les plus importants du continent américain ; l'affaissement de la partie orientale de cette région par suite des phénomènes d'expansion combinés à un entraînement par le sima vers l'est a donné naissance aux Grandes et aux Petites Antilles.

Après avoir examiné la génèse des principales îles du Pacifique (avec les Antilles qui font partie du domaine atlantique) nous constatons que quelques presqu'îles de l'Asie marquent un début de séparation par rapport au continent. Les plus caractéristiques sont les presqu'îles de Kamtchatka, de Corée et de Malacca.

En Amérique, une seule presqu'île importante s'est séparée du continent : la presqu'île de Californie.

Enfin, quelques mots sur la guirlande de volcans qui entourent le Pacifique. Autour de la zone de percussion, les couches de sial et de sima ont été fortement bouleversées. En nous basant sur la théorie de l'isostasie suivant Airy, on peut supposer que des blocs importants du sial ont pénétré profondément dans le sima et atteint ou approché de la couche « radio-active » du globe ; les matières les plus légères provenant de ces réactions pourront ainsi trouver une voie d'échappement vers la surface terrestre et vers l'atmosphère (laves et gaz des éruptions volcaniques).

La même théorie peut aussi admettre cette seconde hypothèse : lors du déplacement radial extrêmement violent des couches de l'écorce terrestre, des poches de matières radio-actives se sont trouvées emprisonnées dans les premiers kilomètres de la croûte fortement bouleversée ;

les produits de la réaction pourront être évacués par les voies de moindre résistance ; cette dernière hypothèse répond aux dernières constatations dans le domaine du volcanisme.

Quant aux séismes qui accompagnent ou précèdent les éruptions volcaniques, ils peuvent avoir pour causes soit la pression des gaz et des laves cherchant une voie d'évacuation, soit une affaissement des masses de sial dont l'équilibre momentané est rompu par les mouvements du sima visqueux.

Lors de la formation des plis, des charriages, des failles, etc., des matières lourdes des grandes profondeurs de la Terre peuvent être amenées à la surface ou s'introduire dans les failles : cette théorie explique la présence de filons métallifères et de nappes d'expansion au voisinage de la surface terrestre.

La genèse de l'Océan Atlantique

La genèse de l'océan Atlantique est nettement différente de celle du Pacifique. Tandis que dans ce dernier la percussion du corps céleste de grandes dimensions y creussait la grande fosse qui devait devenir le plus grand océan de la Terre, provoquait les efforts tangentiels à la base des plissements alpins et secouait la croûte terrestre d'un tremblement général, la zone atlantique subissait surtout l'influence de l'expansion provoquée par l'augmentation de volume du noyau.

Notre théorie concorde parfaitement avec les vues de Molengraaf qui voit, dans la grande crête qui parcourt l'Atlantique du nord au sud, la ligne de départ des Amériques vers l'ouest et de l'Eurafrique vers l'est. La théorie de la dérive ne peut expliquer la présence de cette crête dans l'Atlantique ; par contre, pour notre théorie, il est normal d'y trouver cette « cicatrice » qui fournit une preuve nouvelle de l'exactitude des hypothèses émises.

Tandis que dans l'hémisphère austral les côtes de l'Amérique du Sud et de l'Afrique présentent une cassure très nette et une symétrie qui a conduit Wegener à sa théorie des translations continentales, on n'observe rien de semblable, à première vue, dans l'hémisphère boréal. En effet, au nord de la Méditerranée, en Eurasie et dans la zone des Antilles, en Amérique du Nord, le contour des côtes est très tourmenté et de nombreuses îles se sont détachées des continents.

Notre théorie permet d'apporter les explications suivantes à ces constatations géographiques : en pénétrant dans le noyau à une vitesse vertigineuse le bolide est venu « frapper » ou du moins influencer fortement la zone située aux antipodes de la percussion ; cette zone correspond sensiblement à l'Atlantique Nord. Dans ces conditions, le « horst » du Groënland aurait été « soulevé » par cette « poussée » venant du centre de la Terre ; en même temps de nombreuses failles sont apparues dans les régions voisines, amorçant ainsi l'expansion de nombreux débris

sialiques (Archipel Canadien, Islande, Irlande, Grande-Bretagne, les nombreuses péninsules de l'Europe, la Méditerranée avec ses îles et ses presqu'îles, la zone d'affaissement des Antilles, etc.).

Du Groënland comme centre, une « onde sismique » violente semble s'être dirigée vers le Pacifique. Il est intéressant de constater que Taylor, dans sa conception de la dérive semble arriver à une conclusion identique : en effet, les cartes dressées par cet auteur montrent clairement des « poussées radiales » à partir du Groënland.

Si nous exceptons les arguments géodésiques, les autres arguments avancés par Wegener dans son exposé sur la théorie de la dérive peuvent s'appliquer à notre théorie. En prenant comme exemple un argument géographique spectaculaire, la « séparation » de l'Amérique du Sud de l'Afrique, nous constatons que Wegener considère cette séparation comme une dérive tandis que pour nous c'est l'expansion du globe terrestre qui a provoqué cette séparation. Pour Wegener, les plissements observés surtout en bordure des continents sont provoqués par la résistance opposée par le sima à la dérive de la masse continentale ; pour nous, les plissements ont été causés par les efforts tangentiels consécutifs à la percussion de la Terre par le corps céleste de grande dimensions. Enfin, les forces mises en action pour provoquer ces phénomènes sont ou nettement insuffisantes ou « inconnues » pour Wegener ; quand à la percussion et à l'expansion du globe terrestre, elles ont engendré des forces colossales dont l'ampleur est en rapport avec le cataclysme qui a changé la face de la Terre.

Nous donnons ci-dessous quelques critiques auxquelles la théorie de la dérive a été l'objet : nous verrons comment notre théorie répond à ces critiques.

Wegener et Du Toit ont montré l'existence d'une bonne concordance, au point de vue géologique, entre les assises de l'Amérique du Sud et celles qui leur font face en Afrique. Cependant la critique leur reproche de ne pouvoir établir un parallèle analogue entre les côtes orientales de l'Asie et les côtes occidentales de l'Amérique du Nord. Notre théorie, au contraire, prouve que le Pacifique et l'Atlantique ont des origines différentes et que tandis que dans l'Atlantique la croûte terrestre superficielle a subi peu de modifications au cours du cataclysme, celle qui entoure le Pacifique a été profondément bouleversée.

Au point de vue géographique, de nombreux exemples montrent que les phénomènes d'expansion (une des bases de notre théorie) viennent confirmer notre point de vue. Nous croyons utile de noter que la concordance, au point de vue géologique, n'est pas toujours aussi bonne que celle de la géographie ; il faut tenir compte qu'en géologie certaines circonstances locales, des failles, par exemple, peuvent être la cause de la présence ou de l'absence d'une assise par suite de la dénivellation initiale ; or, une faille est toujours, au point de vue de la « résistance » de la croûte terrestre, une zone de faiblesse où les phénomènes d'expan-

sion vont s'y marquer particulièrement par la suite, avec, comme conséquence possible, la séparation nette de deux assises différentes qui, avant la séparation, étaient en contact ou très voisines. En outre, la géographie enregistre les mouvements de l'écorce terrestre sous une épaisseur allant jusqu'au niveau de la couche de sima visqueux, épaisseur énorme si on la compare à celle étudiée, en surface, par la géologie.

Parmi les exemples d'expansion citons, dans l'extrême nord américain, l'Archipel Canadien.

Pour ce qui concerne le Groënland, WEGENER a beaucoup insisté sur la dérive de cette île, notamment en étudiant les rapports des déterminations géodésiques ; nous avons vu que les résultats obtenus ne sont pas concluants. Sous l'angle de l'expansion du globe, le Groënland a des affinités avec l'archipel canadien par sa côte ouest tandis que la partie orientale présente le même aspect géographique que les régions côtières de la Norvège.

La mer Baltique et ses annexes, le golfe de Bothnie, le Kattegat et le Skaggerrak montrent une expansion générale à la fois nord-sud et ouest-est ; dans ces conditions le Jutland et les îles danoises, rassemblés préalablement, se placent aisément dans le golfe d'Oslo. D'autre part, si l'on tient compte du fait que la plaine allemande en bordure de la Baltique a subi une expansion dans le sens général Ouest-Est, la Suède comble cette mer et le golfe de Bothnie en venant en contact avec les côtes d'Allemagne et des Pays Baltes.

Des phénomènes d'expansion sont donnés dans ces parages par le golfe de Finlande, les lacs finlandais et la mer Blanche.

La génèse de la Méditerranée a suscité de nombreuses hypothèses. L'hypothèse basée sur la présence d'une zone géosynclinale, la Thétis, entre les blocs continentaux de l'hémisphère nord, la Laurasia, et de l'hémisphère sud, le continent de Gondwana, considère que les plissements alpins se sont formés à la suite de la compression provoquée par la rencontre des deux blocs continentaux se déplaçant l'un vers l'autre ; suivant cette hypothèse se seraient ainsi formés les plissements alpins s'étendant des Alpes à l'Himalaya et aux îles de la Sonde.

Cependant, la présence de la Méditerranée est en contradiction avec la compression due au mouvement des deux masses continentales ; il faut admettre qu'après les efforts tangentiels qui ont provoqué l'érection des chaînes montagneuses, des phénomènes d'expansion ont dû intervenir pour creuser la « fosse méditerranéenne ».

L'examen géographique de la Corse et de l'Italie péninsulaire nous fournit un argument en faveur de cette expansion.

Nous pouvons considérer la chaîne des Apennins comme la partie axiale de la péninsule italique ; elle se trouvait, lors de l'expansion, accolée aux chaînes de la Croatie et de la Dalmatie ; elle s'en est écartée par donner naissance à l'Adriatique. On conçoit aisément qu'un mou-

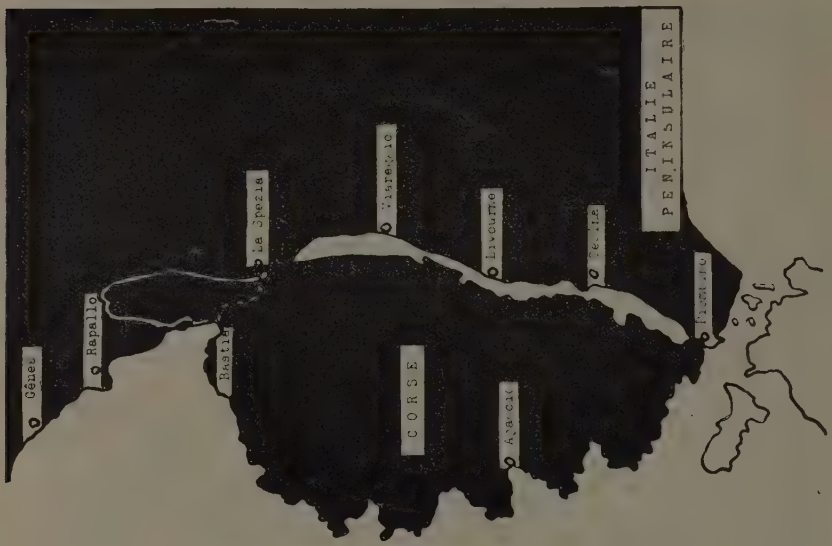

FIGURE 4

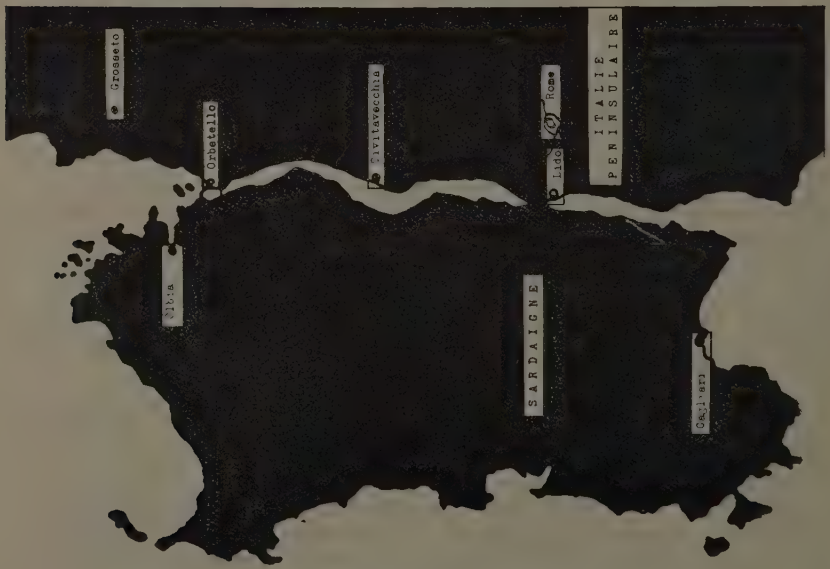

FIGURE 5

FIGURE 6

Les cartes précédentes montrent que la Corse et la Sardaigne étaient jadis en contact ou très proches de l'Italie Péninsulaire.
La distance qui sépare maintenant ces deux îles de la Péninsule montre que des phénomènes d'expansion se sont manifestés même au centre de la Méditerranée. On voit que la péninsule a subi, elle aussi, le phénomène d'expansion ; il se marque plus particulièrement dans la région Grosseto-Piombino-île d'Elbe (comparer les 3 cartes). Les mouvements de flexure s'observent très nettement si l'on note l'angle formé par la ligne Nord-Sud de la Péninsule et par celle qu'occupait l'ensemble « Corse-Sardaigne » au cours de l'expansion. L'angle devait être nettement plus grand si l'on considère que la flexure la plus marquée s'est opérée dans la région de Gênes ; pendant ce temps, la partie sud de l'Italie s'écartait de l'Afrique tandis que les côtes balkaniques se déplaçaient davantage vers le nord-est,
La zone méditerranéenne a donc participé à ce vaste mouvement d'expansion du bloc eurasiatique confirmé notamment par les grandes failles de la Mer Rouge et du Golfe Persique.

vement de rotation s'est opéré autour du golfe de Gênes avec en même temps la formation de la grande plaine du Pô par extension : dans cette vaste plaine du Pô se sont accumulés les sédiments provenant des montagnes qui la bordent : les Alpes et les Apennins. Cette sédimentation s'effectue encore actuellement ainsi que l'atteste le delta du Pô.

Le mouvement de « charnière » autour du golfe de Gênes est confirmé par l'examen de la zone côtière orientale de la Corse d'une part et la région de la péninsule comprise entre Rapallo et les environs de Piombino (fig. 4), d'autre part. C'est ainsi que la partie convexe qui s'étend de Casamozza à Cateraggio en Corse correspond à la partie concave de la péninsule comprise entre Sarzana et Livourne ; la partie convexe de la péninsule, au sommet de laquelle se trouve cette dernière localité correspond, en Corse à la large baie au fond de laquelle se trouve Ponte di Travo ; le sud-est de la Corse, légèrement convexe, est la réplique de la partie concave au fond de laquelle se trouve Cecina, en Italie.

Il semble, d'autre part, que l'île d'Elbe puisse prendre place dans le détroit de Bonifacio, entre la Corse et la Sardaigne.

Si nous « appliquons », la Corse dans sa partie orientale, avec la zone qui lui correspond sur la péninsule, nous constatons que la partie nord ne coïncide pas. Cependant, il y a de fortes présomptions pour que la côte orientale de la Corse, après sa séparation de la péninsule, n'ait pas subi de déformation importante : on voit que le mouvement de « charnière » signalé ci-dessus est confirmé par ce « rapprochement » de la Corse vers l'Italie. La concordance est bonne si l'on considère que la baie située au sud de Bastia trouve son « correspondant » dans la petite péninsule de Portovenere, au sud de La Spezia et que la zone du cap Corse vient se placer dans la baie limitée par Rapallo, Santa Margherita et Portofino. A notre connaissance, aucune théorie n'a été proposée pour expliquer ce faciès.

Il s'est donc opéré un déplacement relatif des blocs sialiques suivant la direction générale sud-ouest - nord-est.

Cette concordance, au point de vue géographique, indique que les efforts d'expansion se sont manifestés même au centre des mers intérieures.

De nombreux cas semblables peuvent être observés à la surface du globe ; ces détails sortent du cadre de cet exposé (figure 5).

Quelles étaient les dimensions approximatives du corps céleste percutant ?

Pour répondre avec un degré de précision suffisant à cette question il paraît nécessaire d'augmenter nos connaissances actuelles particulièrement dans les domaines de la géographie, de la géophysique, de la mécanique, etc. Nous donnons ci-dessous une méthode de détermination

que nous considérons comme trop simpliste mais qui nous permet de connaître l'ordre de grandeur du bolide.

L'expansion du globe terrestre est particulièrement spectaculaire dans l'Atlantique Sud. Les continents Sud-Américain et Africain n'ont pas subi d'aussi grandes perturbations dans leur état physique, du moins vers l'Atlantique. Si nous admettons que l'« expansion » suivant l'équateur est approximativement la distance moyenne séparant l'Amérique du Sud de l'Afrique, soit 3.000 kilomètres, l'équateur terrestre avant la percussion devait avoir environ 40.000 kilomètres moins 3.000 kilomètres soit 37.000 kilomètres.

Nous pouvons considérer que 3.000 km est un maximum car, après la percussion, l'Amérique du Sud aura été entraînée vers l'ouest et l'Afrique, vers l'est par la coulée de sima vers la fosse du Pacifique ? D'autre part, sur les continents, des « expansions » mineures, par exemples, les vallées, les gorges, les failles, etc., se sont produites. Nous admettons, en attendant les moyens d'obtenir des chiffres plus précis, une expansion comprise entre 2.500 et 3.000 kilomètres. En nous basant sur la formule établissant le volume de la sphère en fonction du rayon, nous obtenons comme grandeur du diamètre du « bolide » 7.000 à 7.600 kilomètres.

Le corps céleste percutant avait donc des dimensions intermédiaires entre celles de la Terre et de la Lune puisque le diamètre moyen de notre globe est de 12.744 km et celui de notre satellite 3.473 km.

Il est probable que le « bolide » qui a percuté la Terre était un satellite disparu dans les profondeurs du nifé ; en effet, il est troublant de constater que certains documents archéologiques montrent deux « Lunes » dans le ciel ! L'Homme aurait-il été témoin de ce cataclysme ?

A quelle époque se sont produits les plissements alpins et s'est opérée la genèse des continents et des océans actuels ?

En nous inspirant des principes énoncés dans ce mémoire, nous pouvons admettre que l'érection des dernières chaînes montagneuses et que la genèse des continents et des océans actuels ont été très rapides en prenant comme mesure du temps les durées des périodes géologiques.

Comme l'avait entrevu WEGENER, sans toutefois en fournir l'argumentation suffisante, ces plissements et cette génèse sont contemporains puisque la cause qui les a produits est la même.

Quant à l'établissement de l'époque au cours de laquelle la cataclysme s'est produit, il semble que la géologie soit particulièrement désignée pour fournir ces renseignements importants. Dans ce domaine, les avis ne sont pas toujours concordants ; pour la majorité des géologues, au cours du Jurassique ($\pm$ 35 millions d'années) le continent de Gondwana fut fortement ébranlé et la face actuelle de la Terre se dessina.

Cette évolution des plissements alpins se poursuivit pendant le Crétacé (± 70 millions d'années) et même pendant la première partie du Tertiaire.

D'après ce qui précède, notre théorie paraît se trouver en contradiction avec ces renseignements géologiques. Cependant, nous croyons qu'il s'agit d'une divergence de vue dans l'interprétation des faits observés sur le terrain.

Comme nous l'avons signalé plus haut, notre théorie considère que non seulement les couches géologiques ont été affectées par la percussion et l'expansion de la Terre mais la croûte de sial dans son ensemble et même les couches profondes du sima, dans certaines régions, ont subi des modifications importantes. Les arguments sur lesquels se base notre théorie rentrent principalement dans les domaines de la géophysique et de la géographie physique.

Puisque la géologie a évolué suivant la théorie des « causes actuelles », il n'est pas étonnant que les durées assignées aux périodes géologiques ne soient très longues puisque l'époque actuelle est relativement calme.

Certains cataclysmes locaux peuvent se manifester, présentement, dans diverses parties du globe : des tremblements de terre, des raz-de-marée, des précipitations aqueuses anormalement élevées, etc. On a pu constater, notamment, qu'en quelques heures, des masses considérables de roches meubles ont été déplacées. Si nous n'avions été les témoins de ces micro-cataclysmes nous aurions assigné à ces phénomènes très brefs une durée considérablement plus longue en considérant l'épaisseur des couches déplacées et à la lumière des « causes actuelles ».

Ces micro-cataclysmes sont infiniment plus faibles que celui qui a provoqué l'érection des chaînes alpines et conduit à la genèse des continents et des océans actuels.

Notre théorie n'est pas en opposition avec les principes de la stratigraphie : la durée de l'action est cependant en raison inverse de la puissance des éléments intervenus dans le phénomène. Les mouvements rapides et violents de la croûte terrestre, l'ampleur des raz-de-marée, etc., permettent de concevoir comme pour la théorie des causes actuelles, les différentes stratifications concordante, discordante, transgressive, regressive, etc. En outre, elle fournit une explication plausible en ce qui concerne les intrusions de roches éruptives dans des roches plus jeunes ou sédimentaires : filons, nappes d'injection, etc.

Il serait intéressant de confronter les théories actualiste et cataclystique sur des problèmes géologiques qui n'ont pas reçu de solution satisfaisante ; on arriverait vraisemblablement à la conclusion de L. Cayeux : « Il serait nécessaire de faire subir une retouche à la théorie des causes actuelles ».

TROISIEME PARTIE

QUELQUES HYPOTHESES NOUVELLES BASEES SUR NOTRE THEORIE

L'évolution du climat terrestre après la percussion et l'expansion du globe

La paléoclimatologie nous apprend que le climat antérieur au tertiaire était nettement plus doux que celui que l'on observe sur la Terre, en particulier dans les zones tempérées et froides.

Il y a de fortes présomptions de croire que l'axe de rotation de la Terre était peu incliné sur le plan de l'écliptique et que, dans ces conditions, les saisons étaient peu marquées aux latitudes moyennes et élevées.

Il est important de souligner la présence de mers néritiques, plus chaudes que les mers actuelles et occupant de grandes étendues du globe ; en outre, les fonds abyssaux étaient peu nombreux ou inexistants.

L'atmosphère, avant le cataclysme, devait être beaucoup plus lourde et plus humide : certains estiment que la pression atmosphérique était deux cent cinquante fois plus forte que celle de l'époque actuelle.

Enfin, au début de l'époque quaternaire apparaît la première grande glaciation ; un refroidissement intense s'est donc opéré ; nous allons essayer d'interpréter, en nous basons sur notre théorie, certains phénomènes importants qui se sont manifestés à la surface du globe après les plissements alpins.

*
**

Les variations de la température à la surface du globe

Le corps percutant, venant des espaces intersidéraux, avait une température voisine du zéro absolu. Par contre, la chaleur dégagée lors de la percussion a apporté un nombre impressionnant de calories ; il semble que le bilan se solde par un refroidissement du noyau terrestre.

Lors de l'« expansion », les grandes failles firent apparaître deux niveaux de prédilection : par rapport au niveau actuel des mers, le niveau (+ 100 mètres) et sous les eaux, le niveau (— 4.700 mètres). Le niveau supérieur est le niveau « actuel » des couches supérieures de la croûte terrestre avant le cataclysme ; il indique qu'une forte proportion de cette croûte n'a pas été plissée fortement soit sous l'influence directe de la percussion, soit sous cette influence indirecte par les violentes ondes sismiques qui l'ont suivie. Quant au niveau (— 4.700 m) sous les mers soit 4.800 mètres par rapport au niveau de la majorité des plateaux continentaux, il nous donne l'épaisseur moyenne de la

couche de sial qui a pu « glisser » sur le sima visqueux lors de l'expansion. Les grands fonds abyssaux indiquent vraisemblablement les zones non comblées par le sima visqueux, figé lors de son parcours par les eaux des mers néritiques, l'atmosphère, etc., ou des affaissements ultérieurs de blocs sialiques.

On en conclut que la couche très chaude (radio-active) du globe se trouvait beaucoup plus près de la surface ; de ce fait, la température du sol jouait un rôle beaucoup plus important au point de vue climatique qu'il ne joue présentement. L'atmosphère était beaucoup plus lourde qu'actuellement ; elle était chaude et humide ; en outre, il n'y avait pas encore d'importantes calottes de glace aux pôles ; il n'y avait pas d'incursions violentes d'air polaire vers les zones tempérées et tropicales. C'était une atmosphère de « serre chaude » de l'équateur aux pôles. Ces hypothèses, qui découlent de notre théorie, sont en concordance avec celles de la paléontologie.

Le déluge

Il est logique d'admettre que des violentes secousses sismiques ont suivi la « percussion » de la Terre ; non moins violents ont été les « raz-de-marée » qui ont balayé de larges bandes continentales y déposant d'épaisses couches de sédiments (transgressions et régressions marines).

Les eaux des mers néritiques se sont dirigées vers les grandes « failles » et la grande « fosse » du Pacifique ; elles se sont trouvées en contact avec le sima brûlant et, de ce fait, ont été soumises à une ébullition tumultueuse sur des kilomètres carrés.

L'atmosphère serait devenue excessivement chaude si deux phénomènes d'ordre physique n'avaient agi en sens inverse.

L'expansion du globe a provoqué une augmentation sensible de la surface terrestre et de l'atmosphère ; ce phénomène équivaut à une diminution de l'épaisseur de celle-ci ou à une diminution de la pression qu'elle exerce. A cette diminution de pression correspond une « détente » générale des gaz et des vapeurs de l'atmosphère et un abaissement de température du milieu dans son ensemble.

En supposant que la forte « ébullition » des eaux sur le sima brûlant vienne compenser momentanément le refroidissement provoqué par la détente, il n'en reste pas moins évident que l'équilibre, établi avant le cataclysme, est rompu et que, tôt ou tard, les premiers symptômes de « refroidissement » vont se manifester.

A cet abaissement de température va correspondre un état de sursaturation de l'atmosphère que nous savons chaude et saturée d'humidité ; il en résulte une condensation de la vapeur d'eau dans toutes les régions du globe puisque l'abaissement de température est général. C'est le commencement du déluge.

En effet, le phénomène qui vient de s'amorcer, va s'accentuer et même se précipiter (à l'échelle des temps géologiques). L'eau qui a quitté l'atmosphère va grossir le volume des mers néritiques ; la salinité des mers néritiques va donc diminuer. Or, l'anhydride carbonique est beaucoup plus soluble dans l'eau pure que dans l'eau salée ; de ce fait, une certaine quantité du gaz carbonique de l'atmosphère va se dissoudre dans l'eau des océans. Il en résulte un nouveau refroidissement de l'atmosphère, de nouvelles précipitations aqueuses, une diminution de la salinité, une absorption du CO_2 et ... le phénomène se poursuit.

Notons également que les grandes fosses océaniques se remplissent progressivement et que le niveau moyen des mers augmente constamment.

L'eau a depuis longtemps figé le sima visqueux et celui-ci, au contact des eaux froides, est devenu une couche plus ou moins calorifuge entre les eaux froides des abîmes et la couche radio-active extrêmement chaude. On constate donc un refroidissement général des mers avec comme conséquence une plus forte dissolution de l'anhydride carbonique dans les eaux (le CO_2 est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude), facteur favorable à la production de nouvelles précipitations.

La température moyenne diminue donc sensiblement dans l'atmosphère. La pression atmosphérique baisse également ; ce facteur tend à diminuer la quantité de CO_2 dissous dans l'eau car la pression augmente cette dissolution. Cependant, les facteurs précités ont une action nettement supérieure à celle de la dissolution du gaz carbonique sous l'influence de la pression.

Pendant que l'atmosphère cherche un état d'équilibre rompu par le cataclysme, voyons ce qui se passe dans la croûte terrestre.

La température du sol diminue, non seulement par suite du refroidissement de l'atmosphère, mais aussi par suite de ce phénomène important : la diminution de l'épaisseur de la couche radio-active terrestre par suite de l'expansion du noyau.

Les glaciations de l'époque quaternaire

Avec le refroidissement progressif de l'atmosphère et du sol, nous atteignons l'époque quaternaire.

Dans les parties les plus froides du globe (régions polaires, sommets des hautes montagnes), la neige fait son apparition. Des calottes glacières et des glaciers deviennent de plus en plus envahissants : la première grande glaciation commence.

Les précipitations aqueuses, sous forme solide, vont freiner le refroidissement : l'eau solide ne dissout plus l'anhydride carbonique.

En même temps que des kilomètres cubes de neige s'accumulent dans les régions les plus froides du monde, de l'anhydride carbonique est libéré vers l'atmosphère et, la salinité des mers augmentant ; une

autre portion du CO_2 se trouve dégagée dans l'atmosphère ; il en résulte un réchauffement général dont celui de mers, avec comme conséquence un nouveau départ de CO_2 vers l'atmosphère.

Ces phénomènes physiques expliquent le réchauffement observé après la première glaciation ; c'est la première période interglaciaire.

Nous avons vu qu'à l'échelle des temps géologiques, les phénomènes cités précédemment ont été très rapides, ils auraient même présenté un caractère « explosif ». De ce fait, l'état d'équilibre à atteindre aura probablement été dépassé au cours de la première glaciation, de même qu'à la fin de la première période interglaciaire. Plusieurs périodes glaciaires et interglaciaires pourront donc se succéder ; elles seront de plus en plus atténuées jusqu'à l'obtention d'équilibre régi par les conditions géophysiques nouvelles résultant du cataclysme.

Notre théorie explique la génèse des glaciations en se basant uniquement sur les phénomènes physiques et chimiques observés à la surface de la Terre. Elle n'exclut pas celles qui font intervenir l'influence des variations de l'activité solaire et autres (Théorie de Simpson et autres).

L'imposante végétation de la fin de l'ère secondaire a-t-elle eu une influence sur les grands dépôts calcaires et a-t-elle provoqué une modification du climat ?

Si nous faisons abstraction des dénominations des différentes couches stratifiées de la partie superficielle de l'écorce terrestre pour n'envisager que la génèse de ces couches sous l'influence des agents physiques, chimiques et biologiques qui ont présidé à leur formation, nous pouvons, supposer, à la suite de certaines hypothèses admises, qu'à l'époque lointaine au cours de laquelle les premiers êtres vivants, vraisemblablement aquatiques, ont fait leur apparition sur la Terre, les eaux étaient très chaudes et les mers peu profondes.

Au cours de l'ère primaire, le nombre peu élevé de fossiles et leur taille relativement faible indiquent évidemment les premiers stades de l'évolution de la vie mais on peut présumer également que les conditions vitales du milieu étaient loin de l'optimum soit par excès de température, soit par suite du pourcentage peu élevé en oxygène atmosphérique, cet oxygène régissant les phénomènes de la combustion.

Une grande partie des eaux océaniques actuelles occupait, à l'état de vapeur, l'atmosphère de cette ère ; comme nous l'avons déjà signalé plus haut, certains auteurs admettent que la pression atmosphérique était environ 250 fois plus forte qu'actuellement.

D'autre part, les roches calcaires qui se sont déposées au cours des temps, ont été, au moins une fois au cours de leur existence, solubilisées par l'eau pour pouvoir se présenter à l'état d'assises stratifiées (ou de récifs) que nous connaissons. On sait d'ailleurs qu'une grande partie du

calcaire a une origine organique ainsi qu'en témoignent de nombreux fossiles; mais d'énormes bancs de roches calcaires ne paraissent pas avoir été influencés par des organismes vivants.

On sait que le carbonate de calcium est peu soluble dans l'eau pure ; par contre, sa solubilité augmente considérablement lorsque l'eau est chargée d'anhydride carbonique : il se forme du bicarbonate de calcium, beaucoup plus soluble.

En transposant aux plissements calédoniens et herziniens les conclusions d'ordre climatique que notre théorie sur les plissements alpins nous a permis de tirer, nous constatons qu'à la suite de ces plissements anciens, l'atmosphère se sera « assainie » progressivement par une diminution de la température excessive, un abaissement de la pression atmosphérique, des précipitations, en rapport avec cette détente, le départ d'une certaine quantité du CO_2 atmosphérique avec comme conséquence un relèvement du taux en oxygène.

Nous devons remarquer que les plissements calédoniens et herziniens n'ont pas atteint l'ampleur des plissements alpins ; on peut admettre que ce sont des corps célestes moins volumineux qui ont percuté la Terre à ces époques lointaines ; par exemple, des bolides ayant des dimensions assez voisines de ceux qui ont creusé les « mers » et les « océans » dans la croûte lunaire.

Ces cataclysmes ont accéléré, par-à-coups, le refroidissement normalement lent et continu du globe terrestre.

Les conditions de vie se sont donc améliorées constamment ; au Dévonien, on assiste à l'essor des flores et des faunes tant terrestre qu'aquatiques. Le développement de la flore atteint son épanouissement au Carbonifère ; il est le prélude des grands gisements houillers.

Nous n'insisterons pas ici sur la génèse de ces importants gisements houillers que l'on trouve dans les ouvrages classiques, mais nous croyons qu'il existe une relation entre la formation de ces grandes masses de matières organiques et la précipitation du carbonate de calcium des grandes assises calcaires. On sait que, présentement, sous l'influence des phénomènes de photosynthèse l'anhydride carbonique entre dans le complexe organique formé par la végétal ; les micro-organismes minéralisent ces matières organiques, soit directement soit après utilisation par l'homme et les animaux ; tous les êtres vivants au cours des phénomènes de la respiration, brûlent une partie des matières hydrocarbonées et rejettent du CO_2 dans l'atmosphère. Le cycle du carbone est donc complet ; on sait, en outre, que les grandes masses océaniques agissent comme régulatrices de la teneur en CO_2 de la biosphère.

Cependant, les conditions de vie étaient nettement différentes au cours de l'ère primaire. La flore a pris à cette époque un développement extraordinaire ; la faune a suivi cet essor. On peut considérer qu'une grande masse de matières organiques s'est accumulée dans les

mers peu profondes ainsi que le prouvent les grands gisements houillers. Mais cette matière organique qui s'est accumulée ainsi correspond à un appauvrissement en anhydride carbonique de l'atmosphère. La tension du CO_2 atmosphérique diminuant, un appel du CO_2 dissous dans l'eau va se faire ; or, tout départ du CO_2 correspond à la transformation du bicarbonate soluble en carbonate insoluble. Le carbonate précipite donc et se dépose au fond des eaux où il va former de grandes assises calcaires.

La houille — Le pétrole

La houille

Plusieurs hypothèses ont été émises au sujet de la génèse des houilles. Nous allons confronter les théories admises actuellement avec celle que nous proposons et qui découle de la percussion et de l'expansion du globe terrestre.

Les houilles anciennes dérivent de végétaux et de leurs débris accumulés sous une nappe d'eau salée ou non, mais peu profonde, en tous cas.

L'origine autochtone des grands dépôts est admise par beaucoup de géologues tandis que la théorie de l'allochtonie ne compte plus guère de partisans que pour les petits bassins enclavés dans des terrains cristallins, par exemple, ceux du Massif Central.

Pour expliquer la formation des séries houillères, la théorie de l'autochtonie fait appel aux phénomènes de subsidence après l'accumulation de chaque couche de matières organiques : on peut ainsi expliquer la succession de plusieurs centaines de couches (400 environ pour les bassins du Nord de la France, de la Belgique et de la Rùhr) dont la puissance, dans certains cas, peut atteindre plusieurs milliers de mètres.

Notre théorie s'accorde mieux avec la théorie de l'allochtonie: nous considérons, tout d'abord, qu'il est vraiment extraordinaire qu'une subsidence apparaisse et concorde avec une sédimentation bien adéquate pour donner la nappe d'eau nécessaire et suffisante pour faire apparaître le dépôt des matières organiques et celà, pendant des centaines de cycles ! On se demande également quelle serait la cause qui aurait provoqué ainsi ces subsidences successives, arrivant à point nommé et n'influençant que ces zones bien définies correspondant actuellement aux grands bassins houillers.

Si nous considérons maintenant la formation des grandes séries houillères sous l'angle de notre théorie, voici comment nous pouvons concevoir cette génèse.

Nous avons vu que les plissements alpins ont été provoqués par la percussion de la Terre, dans le Pacifique, par un corps céleste de grandes dimensions, vraisemblablement un satellite de notre planète. Les plissements plus anciens auraient pour origine, eux aussi, la percussion

de bolides de dimensions moindres et voisines de ceux qui, dans la Lune, ont creusé le relief de notre satellite.

Prenons, comme exemple, le cataclysme le plus récent et le plus spectaculaire, celui qui se rapporte aux plissements alpins et à la génèse des continents et des océans actuels.

Tous les géologues admettent que la flore qui a donné naissance grands dépôts de houille s'était développée en présence d'une nappe d'eau d'épaisseur relativement faible mais permettant, toutefois, l'accumulation de la « tourbe » formée par les débris végétaux de la forêt. Suivant les conditions vitales plus ou moins favorables, la végétation et les dépôts ont pu prendre un développement plus ou moins important suivant les situations.

D'après la théorie de l'autochtonie, la première subsidence va se marquer sur le sol de la forêt et le faire descendre de la profondeur requise pour permettre la formation de la seconde couche de charbon, qui, à son tour subira l'influence d'une nouvelle subsidence et descendra vers les profondeurs avec celle qui la précède ; ce phénomène devrait donc se présenter plusieurs centaines de fois. Notre théorie, au contraire. considère que lors de la percussion du globe des plissements se sont produits dans la région occupée par la forêt « charbonnière » ; l'expansion qui a suivi la percussion a creusé un large bassin ou une large faille qui va devenir la zone d'accumulation des matières organiques qui deviendront les houilles.

A l'échelle des temps géologiques, on peut considérer que ces modifications du relief ont été très rapides et qu'elles ont été suivies immédiatement par un mouvement général des masses d'eau et de sédiments des mers néritiques et des lagunes vers les points les plus bas, donc vers les bassins « houillers » qui se sont formés.

Le manteau de sédiments humides qui couvre encore les nouveaux reliefs va glisser vers les vallées, les zones d'affaissement, les failles.

Dans les régions particulièrement bouleversées par les efforts tangentiels vont apparaître les grands massifs montagneux mettant à nu les roches dures : granit, schistes, calcaires, etc.

De proche en proche la pression s'exerce sur les sédiments boueux portant, par endroit, une imposante végétation. Comme conséquence de la percussion et de la pénétration du bolide dans le noyau central, nous avons admis l'apparition à la surface du globe d'énormes ondes « sismiques » qui ont ébranlé la Terre pendant un temps difficile à déterminer. Ces « ondes » ont favorisé l'avancement des sédiments et de la végétation vers les zones d'affaissement, c'est-à-dire vers les futurs bassins houillers.

Arrivée au bord du « bassin » rempli d'eau, la couche de sédiments et la végétation qu'elle supporte s'avance à la surface de l'eau à une

distance variable du bord suivant les densités relatives de l'eau salée et de l'ensemble sédiments + végétaux tandis que l'enchevêtrement des racines tend à maintenir sensiblement au niveau du bord de la fosse la couche qui s'est engagée sur l'eau. A un moment donné l'équilibre est rompu : la couche qui se trouve à la surface de l'eau de bassin se détache du manteau resté sur la terre et plonge alors vers les profondeurs. Le phénomène peut se répéter un nombre de fois aussi grand que les circonstances le permettront, c'est-à-dire, la profondeur du bassin, l'étendue et la puissance de la forêt « charbonnière », la durée de la poussée vers le bassin, etc.

Il est normal d'admettre que la couche de sédiments, plus dense, atteindra le fond du bassin la première ; elle sera donc surmontée par la masse de végétaux et de ses débris. La base des sédiments de la couche suivante sera en contact avec la partie supérieure de la couche précédente, c'est-à-dire, la végétation ; celle-ci sera de plus en plus comprimée par le poids des couches qui vont se succéder pour former la série charbonnière.

On peut expliquer le « renversement » de certaines couches de la série par certains « décrochages » anormaux en bordure du bassin ; par exemple, une couche, plus dense à la partie antérieure pénétrera immédiatement dans l'eau tandis que les couches suivantes s'étendront en surface du bassin ; le début de la couche arrivera dans une position verticale en contact avec la couche précédente et, pour s'étaler sous la pression de la couche suivante, elle se trouvera « renversée ».

La présence de fossiles marins dans certaines couches n'indique pas nécessairement une transgression marine ; en effet, une série charbonnière comprenant plusieurs centaines de couches correspond à une étendue forestière de plusieurs dizaines voire de plusieurs centaines de kilomètres. Sur une telle étendue, dans une zone forestière d'une telle ampleur, des bras de mers néritiques peuvent s'introduire dans des lagunes d'eau douce ; comme le relief s'est modifié brusquement et que le manteau de sédiment s'est déplacé en bloc vers le bassin, des couches renfermant des fossiles marins peuvent se trouver intercalées dans des couches « d'eau douce ».

Notre théorie nous permet d'émettre une hypothèse sur la transformation des matières organiques végétales en charbon. Les premières couches qui atteignent le fond de la dépression se trouvent rapidement en contact avec les couches chaudes de la Terre ; nous avons vu que le sima visqueux se trouvait beaucoup plus près de la surface avant les plissements alpins. La matière organique s'est trouvée dans les conditions requises pour « charbonner », le milieu étant exempt d'oxygène et la température, élevée. Les matières volatiles se dégagent peu à peu ; les pressions énormes provoquent un tassement continu des couches de houilles. Cette disposition est rationnelle quant à la composition des couches du gisement : les couches profondes, soumises à de hautes températures pendant un temps plus long et subissant les pressions les plus

fortes seront moins riches en matières volatiles (anthracites) que les couches supérieures de la série (houilles grasses).

Les sédiments, soumis eux aussi aux températures élevées et aux pressions énormes, vont subir le phénomène de la lapidification (argiles en schistes ; boues calcaires en roches calcaires, etc.).

Remarquons également que le « mur » des mineurs correspond à la couche arable ou le sol dans lequel la majorité des racines se sont développées tandis que le « toit » d'une couche de charbon envisagée peut être considéré comme le sous-sol de la couche qui la recouvre.

Remarque. La théorie proposée s'applique également à une « fosse » ou un « bassin » ayant pour origine un cataclysme réalisé au cours d'une époque géologique antérieure ; le processus de la stratification des couches de houille reste identique.

Le pétrole

Tandis que les houilles ont pour origine des matières végétales et des débris qui se sont accumulés dans les eaux peu profondes, le pétrole a une origine marine. Il se serait formé aux dépens des matières grasses contenues dans les organismes du plancton et plus particulièrement des algues grasses, des foraminifères et d'autres organismes marins.

Des essais de laboratoire ont montré que des substances analogues aux pétroles peuvent être obtenues à partir de matières minérales (métaux alcalins et CO_2) (carbures métalliques et l'eau). Mais les conditions requises pour réaliser ces synthèses s'écartent tellement de celles de la nature que l'on peut considérer que les grands gisements pétrolifères ont une autre origine.

La distillation des savons d'acides gras végétaux ou animaux ou de de sapropèle fournit également des produits analogues aux pétroles. En outre, la découverte de débris d'animaux, pour la plupart marins, dans les gisements pétrolifères montre que ces hydrocarbures proviennent de la transformation principalement des matières grasses sous l'influence d'agents physiques, d'une part, et microbiologiques, d'autre part.

Cependant la distillation des graisses ne donne de résultats intéressants que si la température est supérieure à 200 - 300° C ; cette gamme de température doit être considérée comme un minimum.

Si l'on transpose dans le passé les causes actuelles susceptibles d'avoir provoqué la génèse des gisements pétrolifères, on constate que ceux-ci n'ont pu être portés à une température suffisante pour permettre les modifications chimiques préalables à la réalisation des hydrocarbures. Cependant de nombreux spécialistes des questions pétrolières affirment que les modifications apportées par les agents physiques ne sont pas suffisantes pour expliquer l'évolution de la composition des nappes d'hydrocarbures actuels ; la théorie fait alors appel aux actions microbiennes.

En résumé, pour que les pétroles puissent se former et se conserver, il est nécessaire que les conditions suivantes soient réalisées :

1) Présence de matières grasses provenant d'organismes marins parmi lesquels des algues et les foraminifères. Les lagunes, vraisemblablement très nombreuses aux époques géologiques antérieures au Tertiaire, ont contribué au développement rapide et abondant de ces êtres aquatiques.

2) Les conditions requises pour permettre une fermentation anaérobie.

3) La possibilité de maintenir en place les hydrocarbures formés par une couche protectrice, imperméable (roche-mère).

4) La présence éventuelle, dans le voisinage de la roche-mère de couches perméables, poreuses ou fissurées permettant aux pétroles et à l'eau qui les émulsionne de passer dans ces couches, de s'y conserver et, éventuellement de s'y polymériser (roche-magasin).

Les théories actuelles, pour expliquer la génèse des séries pétrolières atteignant des épaisseurs énormes, se trouvent devant une grosse difficulté puisque les matières premières (notamment le plancton) n'ont pu se développer qu'en eaux peu profondes (lagunes, mers néritiques).

Comme pour la génèse des grandes séries houillères, les phénomènes de subsidence vont tout expliquer : dans les régions où le pétrole s'est accumulé, l'affaissement du fond du bassin a été compensé par une sédimentation bien adéquate. Les remarques que nous avons faites au sujet de la subsidence des bassins houillers s'appliquent ici.

Nous complèterons ces données générales des ouvrages classiques par les considérations suivantes : certains spécialistes des questions pétrolières (Taylor, Mc, K. (29) et Jung, J. (16) ont déduit de leurs travaux que de brusques variations des conditions de milieu sont indispensables pour expliquer la formation des pétroles tant au point de vue chimique qu'au point de vue biologique (Tolman (32).

En nous appuyant sur notre théorie, nous pouvons considérer que les évènements et les phénomènes suivants ont conduit à la génèse des gisements pétrolifères. Nous prenons comme exemple, les gisements du Golfe Persique.

Après la percussion dans le Pacifique, l'expansion du globe a provoqué, entre autres, la grande faille du golfe Persique qui se prolonge par les vallées du Tigre et de l'Euphrate.

Les eaux des mers néritiques et des lagunes voisines se sont précipitées vers ces abîmes, entraînant avec elles des sédiments et l'abondante flore et faune qu'elles renfermaient.

On sait, qu'antérieurement au Tertiaire, la zone très chaude de l'écorce terrestre se trouvait beaucoup plus près de la surface que de nos jours ; cette hypothèse est basée sur la présence de deux niveaux

de prédilection observés après les plissements alpins. La chaleur, communiquée par ces couches chaudes aux eaux a provoqué une forte évaporation et une concentration saline et en matières organiques extrêmement élevée. La température de cette « bouillie » devait vraisemblablement dépasser le minimum (200 - 300° C) requis pour opérer les transformations chimiques qui doivent conduire les matières grasses aux hydrocarbures.

On admettra sans peine que la puissance d'une telle couche pétrolière est considérablement plus élevée que celle qui découle des mers néritiques, des lagunes et des deltas telles que les considère la théorie de la subsidence.

Pour ce qui concerne la formation d'une couche imperméable protégeant les matières organiques et les plaçant dans des conditions d'anaérobiose qui, ultérieurement, conduiront à la formation des pétroles par voie biologique, nous considérons que la percussion de la Terre a provoqué à sa surface, notamment, des « ondes sismiques » extrêmement violentes. Dans ces conditions, après une phase d'apport de matières organiques dans la « fosse », un mouvement du sol en sens inverse, sous l'action d'une « onde » y provoquera une arrivée de sédiments d'origine continentale, c'est-à-dire, dans l'exemple du golfe Persique, des vallées du Tigre et de l'Euphrate. Suivant Taylor (29) et Jung (16) cette importante couche de sédiments argileux sera peptisée par la grande salinité et l'échange des cations qui va s'opérer à son niveau. La première couche du bassin pétrolifère sera ainsi protégée par un épais manteau imperméable.

Par le jeu des mouvements provoqués par les « ondes » qui ont parcouru la surface du Globe pendant une certaine période la série pétrolifère se formera.

On sait, en outre, qu'après la percussion du globe et son expansion, un refroidissement anormal s'est manifesté avec comme conséquences immédiates la chute de précipitations abondantes (déluge) et l'apparition des calottes glaciaires.

Les abondantes précipitations ont eu pour conséquence de faire monter considérablement le niveau des océans et de leurs annexes. La pression exercée sur le bassin pétrolifère s'est accrue dans les mêmes proportions et, si dans le voisinage immédiat se trouvent des roches poreuses, perméables ou fracturées, le mélange d'eau salée et de matières organiques totalement ou partiellement transformées en hydrocarbures va migrer dans ces « roches-magazins ». Si celles-ci sont surmontées par un « toit » imperméable le gisement pourra se maintenir et parfaire son évolution : les hydrocarbures gazeux se rendront dans les zones supérieures tandis que les parties basses contiendront le pétrole brut.

La disparition des grands sauriens volants

Les sauriens sont nombreux à la fin du Secondaire ; on note de nombreux reptiles volants au Jurassique Supérieur.

Au début de l'ère tertiaire, ces reptiles volants ont disparu définitivement. Cependant des sauriens non volants ont pu se maintenir jusqu'à nos jours, soit qu'ils aient pu se perpétuer dans les régions les plus chaudes du globe soit qu'ils aient été atteints de nanisme et qu'ils aient pu se propager dans des zones moins chaudes.

On sait que l'activité de ces animaux est sous la dépendance immédiate de la température extérieure : lorsque la température ambiante baisse, ces êtres sont atteints d'engourdissement et deviennent ainsi une proie facile pour les carnivores dont le froid ne paralyse pas l'activité. Notre théorie nous a conduit à l'affirmation suivante : après le cataclysme un refroidissement considérable, basé sur des considérations géophysiques, a conduit à d'abondantes précipitations (déluge) et aux périodes glaciaires.

Le facteur « température » a été décisif pour éliminer les sauriens les moins bien adaptés aux variations légères de température. Cette constatation est donc en concordance avec notre théorie.

Non seulement les adultes ont été atteints par le froid mais l'éclosion des œufs s'est trouvée arrêtée sur de grandes étendues de la surface terrestre ; en effet, les œufs doivent éclore uniquement sous l'influence de la chaleur extérieure, ces animaux ne couvant pas leurs œufs.

Comme nous l'avons signalé ci-dessus, malgré ce sérieux handicap, des sauriens non volants ont pu se maintenir surtout dans les régions chaudes.

Cependant aucun reptile volant n'a pu, ni dans les régions chaudes, ni en subissant le phénomène du nanisme (lui permettant de trouver un refuge pendant une période froide) évoluer au cours du Tertiaire et, à fortiori, pendant le Quaternaire.

Notre théorie nous fournit un nouvel argument à ce sujet. En effet, nous avons constaté qu'à la suite de l'expansion du globe terrestre, non seulement la température a dû baisser considérablement mais qu'en même temps que d'abondantes précipitations aqueuses arrivaient au sol et remplissaient les nouveaux océans et les mers qui en dérivent, la pression atmosphérique a diminué dans d'énormes proportions ; or, de par leur conformation, les reptiles volants étaient de pesants « aéronefs » adaptés à ce genre de locomotion dans la lourde atmosphère de l'ère secondaire ; la diminution de la pression atmosphérique a ramené subitement leur « plafond » au niveau du sol. Privés de leur moyen de déplacement normal, ces animaux n'ont pu trouver la nourriture nécessaire à leur subsistance ; cloués au sol, ils sont devenus une proie facile pour d'autres espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions de vie.

Si le refroidissement du globe fut un sérieux handicap pour tous les sauriens, la diminution de la pression atmosphérique vint porter un coup mortel aux grands reptiles volants du Secondaire.

RESUME

De nombreuses théories ont été proposées en vue d'expliquer la genèse des continents et des océans actuels en même temps que l'érection des chaînes alpines.

Aucune d'elles n'a donné entière satisfaction ; celle que nous proposons ici fait tomber de nombreuses critiques dont ont été l'objet des théories que l'on a cru un moment exactes.

A l'encontre de la plupart des théories précédentes qui sont empreintes d'actualisme, notre théorie est cataclystique.

Cette théorie nous a permis d'exposer la génèse de l'Océan Pacifique et l'érection des chaînes alpines. Elle nous a donné la possibilité de faire ressortir la génèse nettement différente du Pacifique et de l'Atlantique, ce qui est confirmé par les travaux de Vening-Meinesz et d'autres.

Nous croyons que cette nouvelle théorie ouvre de nombreuses possibilités de recherches dans les domaines scientifiques qui touchent à l'Histoire de la Terre.

Dans le texte, nous avons développé quelques hypothèses qui nous sont venues à l'esprit, comme déduction logique de cette théorie. Ce sont :

— la flexure des chaînes de montagnes de l'Asie ;
— le « déluge » ;
— les périodes glaciaires ;
— la flore et la faune du carbonifère en relation avec la formation des assises de calcaire ;
— la houille et le pétrole ;
— la disparition des grands sauriens volants.

BIBLIOGRAPHIE

(1) ARGAND, E. La tectonique de l'Asie.
Extrait du compte rendu du XIII^me^ congrès géologique international 1922. Liège. 1924.

(2) BAKER, H. B. The origin of the moon.
Detroit Free Press, april 1923.

(3) BAKER, H. B. The origin of continental forms.
Michigan Academy of Sciences. 1912-1914.

(4) BERRY, E. W. Comments on the Wegener's hypothesis in Theory of continental drift-symposium. 1928.

(5) CAYEUX, L. Causes anciennes et causes actuelles en géologie.
Masson. Paris (1941).

(6) CUVIER. Discours sur les révolutions du Globe. Rédigés par le Dr HOEFER.
Librairie Firmin Didot Frères. Paris 1858.

(7) DU TOIT. Our wandering continents.
Oliver and Boyd. Edinburgh-London 1937.

(8) EPSTEIN, P. S. Ueber die Polflùcht des Kontinents.
Die Natùrwissenschaften, t. 9, pp. 499-502.

(9) FOURMARIER, P. Principes de géologie. 3^me^ édition. 1950.
Masson. Paris et Vaillant-Carmanne. Liège.

(10) GRIGGS, D. A theory of mountain-building.
Amer. Journ. of Science. 1939, pp. 611-650.

(11) HILLS, G. F. S. The formation of the continents by convection.
London. Edw. Arnold and C°. 1947.

(12) HOLMES, A. A review of the continental drift hypothesis.
Min. Mag. 1929, pp. 40, 206, 286, 340.

(13) HOLMES, A. Radioactivity and earth movements.
Trans. géol. Soc. Glasgow, t. XVIII, 1931, pp. 559-606.

(14) HOLMES, A. The thermal hystory of the earth.
Journ. Washington Acad. of Sciences. Vol. 23. 1932, pp. 169-195.

(15) HOLMES, A. Principles of physical geology.
Nelson. 1944.

(16) JUNG, J. Les théories de M. K. TAYLOR sur les échanges de bases dans les argiles et la géologie des pétroles. Am. off. com. liq. 1933.

(17) LAMBERT, W. D. Some mechanical curiosities connected with the earth's field of force. Am. Journ. of Science. 1821.

(18) LEMAITRE, G. Hypothèses cosmogoniques.
Ciel et Terre, LXI^me^ année, n^os^ 3-4, 1945.

(19) LEMOINE, P. Madagascar.
Hand. der reg. Geol. t. VII, 4, fasc. 6. Heidelberg 1911.

(20) LYELL, Ch. Principes de géologie.
Traduction de la X^me^ édition anglaise par GINESTON (1873).

(21) MOLENGRAAF, G. A. F. Wegener's continental drift in Theory of continental drift. A symposium on the origin and movement of land masses.
Amer. Assoc. of Petrol. Geologists. 1928, p. 90.

(22) RUDAUX, L. et de VAUCOULEURS, G. Astronomie. Les Astres. L'Univers.
Librairie Larousse. Paris.

(23) RUSSO, P. Les déplacements des continents.
Imp. Louis Jean, Gap. 1933.

(24) SCHWEYDAR, W. Bemerkùngen zù Wegeners Hypothese der Verschiebùng der Kontinente. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkùnde zù Berlin, 1921, pp. 120-125.

(25) STAUB, R. Der Baù der Alpen. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz.
N. Ser. F. 52. Bern. 1924.

(26) STOYKO, N. Sur les déplacements périodiques des continents.
C. R. Acad. Sciences. Paris. 20 juin 1932.

(27) SUESS, E. Das Antlitz der Erde. 1885.

(28) TAYLOR, F. B. Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan.
Bull. geol. Soc. Am. T. 21 (2) juin 1919, pp. 179-226.

(29) TAYLOR, McK. The bearing of base exchange on the genesis of petroleum.
Journ. Inst. Petrol. Techn. XIV. 1928.

(30) TEILHARD DE CHARDIN. Les flexures continentales de Chine.
Bull. Soc. Géol. de France. 5^{me} série, t. 16, 1946, p. 497.

(31) TERMIER, H. et G. Histoire géologique de la Biosphère.
Masson et C°. Editeurs Paris, 1952.

(32) TOLMAN, C. P. Biogenesis of hydrocarbons by diatoms.
Econ. Geol. XXII, 1927.

(33) UMBGROVE, J. H. F. On the origin of continents and oceans floors.
The journ. of geolog. Vol. LIV. 1946, pp. 169-178.

(34) VENING-MEINESZ, F. A. Provisional Results of Determinations of Gravity made during the voyage of the Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java.
Kon. Akad. van Wettensch. te Amsterdam Proceed. T. 30. 1927, n° 7.

(35) VENING-MEINESZ, F. A. Gravity survey by submarine via Panama to Java.
The geog. journ. London. T. 71. Febr. 1928, n° 2.

(36) WEGENER, A. La genèse des continents et des océans. Théorie des translations continentales. Traduit de l'allemand par A. LERNER.
Librairie Nizet et Bastard. Paris, 1937.

Station de Chimie et de Physique agricoles
Chaire de Physique (Partim. Météorologie et Climatologie)

Gembloux, le 7 novembre 1955.

Utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage des plants de tomate en hiver (*)

par

Georges PIQUER

I. — INTRODUCTION

L'utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage et la culture des plantes horticoles est l'un des grands problèmes actuels de la physiologie appliquée. Les buts poursuivis peuvent être très divers : tantôt on désire activer la croissance en augmentant l'intensité de la photosynthèse, tantôt on veut avancer, retarder ou même supprimer complètement la mise à fleurs en prolongeant artificiellement la longueur du jour (action photopériodique de la lumière), tantôt enfin on recherche certaines utilisations spéciales de la lumière, par exemple dans l'enracinement des boutures, l'inhibition de la formation des « jets » chez la pomme de terre, la germination de certaines graines, ou encore le forçage de certains végétaux qui ont emmagasiné des réserves nutritives et pour lesquels la lumière est nécessaire pour la formation de la chlorophylle et des pigments floraux et aussi pour éviter l'étiolement.

Dans chacun de ces cas, il importe d'abord de connaître la réponse aux questions suivantes :

1° Quelle doit être la composition spectrale de la source lumineuse ?
2° Quelles doivent être la durée et l'intensité de l'éclairement ?
3° A quel moment de la période de 24 heures faut-il appliquer la lumière artificielle pour obtenir les meilleurs résultats ?

La croissance trop lente des plants de tomate élevés en hiver en vue du forçage est due avant tout à l'insuffisance de l'éclairement naturel, dont la durée et l'intensité sont trop faibles pour permettre une activité photosynthétique satisfaisante. Pour corriger la situation, nous devrons donc renforcer ou prolonger le jour naturel par un éclairement artificiel de forte intensité, dont la composition spectrale possède un rendement photosynthétique élevé.

(*) Déposé à la rédaction le 29 octobre 1955.

1. Composition spectrale de la source lumineuse

Seul le rayonnement visible est utilisé par les plantes pour la photosynthèse. Du côté des grandes longueurs d'onde, la limite semble se situer vers 750-760 mμ. Du côté de l'ultra-violet, HOOVER (6) a encore observé une assimilation très faible à 365 mμ.

La courbe classique, obtenue sur froment par HOOVER et indiquant l'efficacité photosynthétique relative des diverses radiations, est bien connue. Elle montre un premier maximum à 655 mμ, dans le rouge, et un deuxième, moins élevé, dans le bleu à 440 mμ. Entre ces deux maxima, l'efficacité des radiations est moins grande, tout en restant importante. GABRIELSEN (5), sur diverses dicotylédonées, ne retrouve pas le deuxième maximum dans le bleu mais constate au contraire que l'efficacité diminue en même temps que la longueur d'onde. Si l'intensité de la photosynthèse est égale à 1 dans le rouge-orangé (700-600 mμ), elle serait en moyenne, selon lui, de 0,60 à 0,65 dans le jaune-vert (600-500 mμ) et de 0,35 à 0,45 dans le bleu-violet (500-400 mμ). Par contre, en calculant l'intensité théorique de la photosynthèse, il trouve qu'elle diminue dans le jaune-vert et augmente dans le bleu-violet chez les plantes contenant peu de chlorophylle, si bien qu'on voit se dessiner un deuxième maximum du côté des courtes longueurs d'onde (par exemple, pour la laitue : jaune-vert = 0,62 ; bleu-violet = 0,80). Il explique la divergence de ses résultats avec ceux d'HOOVER par le fait que ce dernier a utilisé des plantes élevées entièrement à la lumière artificielle et contenant probablement moins de chlorophylle.

Les sources lumineuses actuellement utilisables émettent un spectre qui est parfois très loin de concorder avec les courbes d'efficacité photosynthétique. Les lampes à incandescence ont l'inconvénient de rayonner la plus grande partie de leur énergie dans l'infra-rouge. Parmi les lampes à décharge, la lampe au néon convient parfaitement pour la photosynthèse ; elle a été beaucoup employée avant guerre, surtout en Hollande, mais son prix constitue un obstacle à une utilisation courante dans la pratique horticole. On peut en dire autant des lampes au sodium dont le prix est également prohibitif. Le spectre lumineux des lampes à vapeur de mercure haute pression (type H.O. 450 de Philips par exemple) est discontinu : il se compose de deux raies très fortes, l'une dans le jaune (578 mμ) et l'autre dans le vert (546 mμ), de quelques raies d'intensité plus faible dans le bleu et le violet et d'une raie dans l'ultra-violet proche (fig. 1). Ce qui caractérise cette lampe, c'est l'absence à peu près totale des rayons rouges dans son rayonnement, mais elle émet une quantité importante d'infra-rouge de plus de 1.000 mμ (60 % de la puissance brute). Les tubes fluorescents constituent un type particulier de lampes à décharge : ils contiennent de la vapeur de mercure à très basse pression qui émet presque exclusivement de l'ultra-violet. La paroi interne du tube est tapissée d'un mélange de matières fluorescentes qui transforment l'ultra-violet en rayonnement visible. La composition de ce mélange détermine le spectre d'émission de la lampe. C'est ainsi que

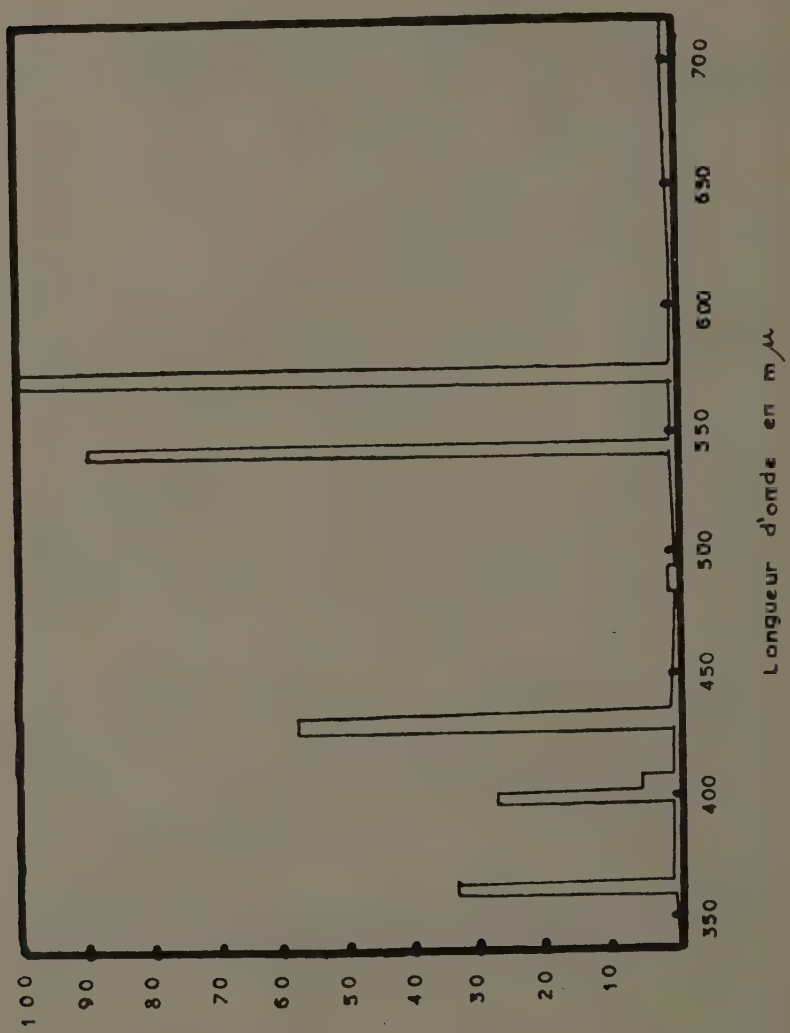

FIGURE 1.

Spectre d'émission de la lampe HO. 450

Bouillenne et Fouarge (2) ont mis au point, avec la collaboration des A.C.E.C., un tube spécialement adapté à l'irradiation des plantes et dont le spectre se rapproche très fortement de la courbe d'efficacité photosynthétique de Gabrielsen (tube Phytor C. R. H. Lg.) (fig. 2). Quatre tubes Phytor par m^2, en chambre noire, leur donnent des plants aussi vigoureux que ceux que l'on obtient en serre, dans les mêmes conditions de température et d'humidité, pendant les jours les plus longs de l'année. Se basant sur les résultats obtenus dans les chambres obscures du « Phytotron » de Liège, ils sont d'avis que « la répartition énergétique relative des radiations de diverses longueurs d'onde joue le rôle primordial dans l'activation de la croissance des plantes ».

D'autres auteurs cependant attachent beaucoup moins d'importance à la répartition spectrale de l'énergie lumineuse, du moins lorsqu'elle est destinée à suppléer à l'insuffisance de la lumière naturelle. Lawrence et Calvert (8) obtiennent des résultats pratiquement identiques en comparant deux types de lampes à fluorescence différant entre eux par la composition spectrale de la lumière émise : un type « lumière du jour » et un type « redblue » dont le spectre d'émission se rapproche de la courbe de Hoover.

En calculant l'augmentation de poids de plants de tomate par lux, ils trouvent que seule la lampe au néon se détache des autres sources lumineuses ; les lampes à vapeur de mercure, au sodium et à fluorescence donnent des résultats très rapprochés. Ils concluent que lorsqu'il s'agit de compléter la lumière naturelle et pour autant que la lumière d'appoint soit suffisamment intense, la composition spectrale n'est pas de première importance ; d'autres considérations, telles que la dimension, la puissance, la durée de vie de la source lumineuse, peuvent avoir une importance égale, ou plus grande.

Roodenburg (14) est du même avis. Dans un essai d'élevage de *Gloxinia*, *Begonia* et *Kalanchoe* depuis le semis, il constate peu de différence entre les lampes à vapeur de mercure, au sodium et fluorescentes, utilisées à raison de 100 w/m^2.

Withrow et Withrow (18) obtiennent les poids frais et les poids secs les plus élevés sous les lampes à incandescence, mais les plantes ainsi cultivées sont trop allongées ; les tubes fluorescents « blanc » et « lumière du jour » donnent des plantes vigoureuses et belles, tandis que la lampe à vapeur de mercure donne des poids frais et secs trop faibles.

Reinders-Gouwentak a obtenu de bons résultats avec la lampe à vapeur de mercure HO. 2000 tant en serre (10 et 11) qu'en local obscur avec la seule lumière artificielle (12). L'appoint de lampes à incandescence, dans le but de pallier le défaut de rouge des lampes à vapeur de mercure, fournit des plantes plus avancées dans leur développement (nombre de feuilles, apparition des boutons floraux), à tige plus épaisse et à feuillage plus sombre, mais leur croissance en longueur est exagérée et elles conviennent moins, pour la culture, que les plantes élevées sous les lampes à vapeur de mercure seules.

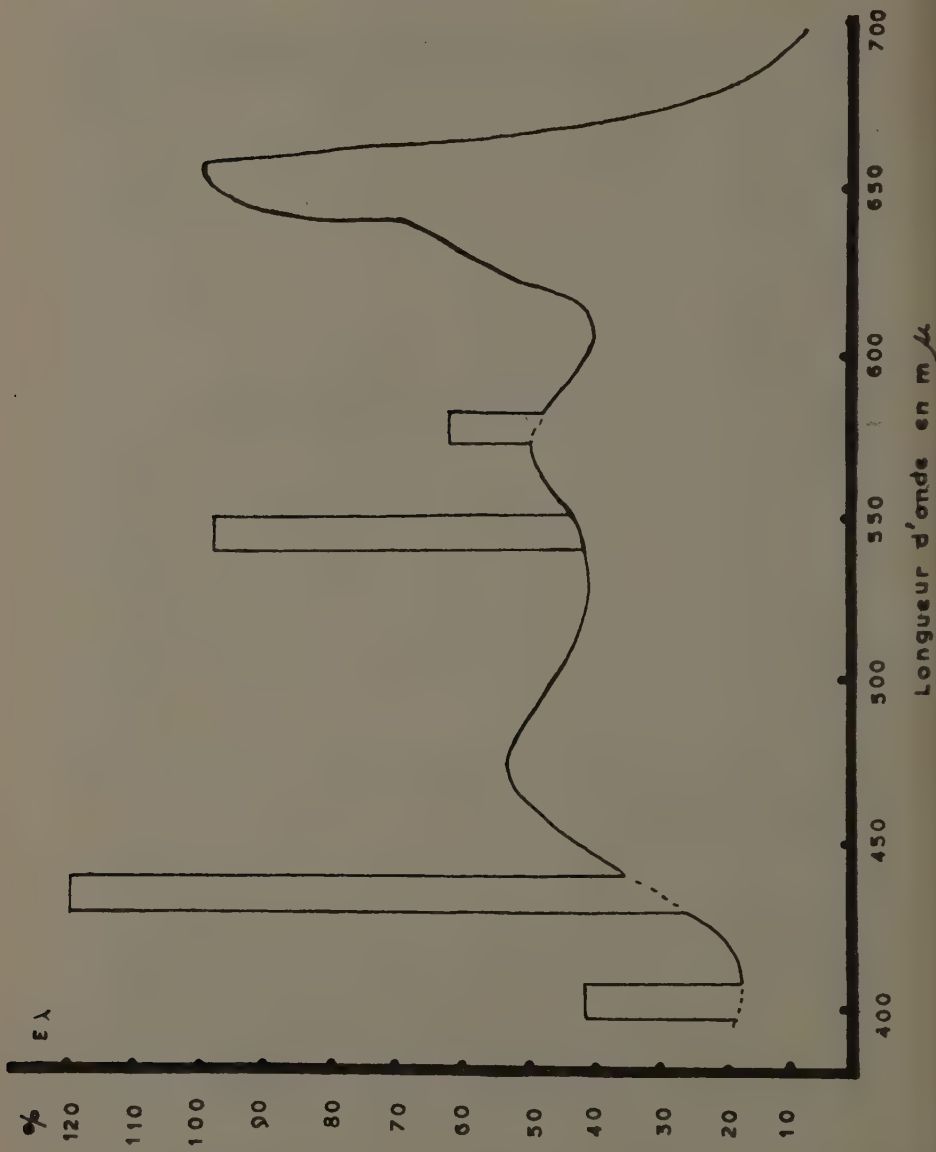

FIGURE 2.

Spectre d'émission du tube Phytor C. R. H. Lg.

Ainsi, tandis que LAWRENCE et CALVERT, ROODENBURG et REINDERS-GOUWENTAK concluent, pour des raisons pratiques (faible encombrement, grande puissance) et économiques, en faveur de la lampe à vapeur de mercure à haute pression, WITHROW-WITHROW et BOUILLENNE-FOUARGE lui reprochent sa mauvaise composition spectrale et lui préfèrent les tubes fluorescents qui, par un revêtement approprié, peuvent avoir une efficacité photosynthétique très grande.

2. Intensité et durée de l'éclairement. Moment de son application.

L'intensité lumineuse est un facteur essentiel de l'accélération de la croissance par l'augmentation de l'activité photosynthétique. ROODENBURG et LAWRENCE, nous l'avons vu, lui accordent même plus d'importance qu'à la composition spectrale de l'éclairement. Ce dernier estime qu'une intensité de l'ordre de 3.000 à 5.000 lux est satisfaisante. Dans ses essais, BOUILLENNE utilise 4 tubes « Phytor » montés dans une armature spéciale munie de réflecteurs et suspendus à 30 cm au-dessus de la tablette. L'intensité ainsi obtenue est évaluée en 1953, à 3.000 lux (2) et en 1954, à 5.000 lux (3). Comparant les effets de diverses intensités obtenues avec la lampe HO. 450, REINDERS-GOUWENTAK (11 et 12) obtient les meilleurs résultats avec les éclairements les plus forts, de l'ordre de 8.000 à 10.000 lux au sommet des plantes (lampe à environ 50 cm au-dessus des plantes). Pour l'activation de la croissance, ROODENBURG (14) recommande l'emploi de lampes à décharge, avec une puissance de 100 à 200 watts au mètre carré.

La durée de la période d'éclairement et le moment de son application sont partiellement liés. Pendant longtemps, on a eu tendance à appliquer la lumière artificielle la nuit, pour profiter du prix plus bas du courant électrique. Mais les plantes sont alors soumises à des alternances de lumière et d'obscurité tout à fait anormales. C'est ainsi que dans un essai de LAWRENCE (8) réalisé en 1948, les plantes recevaient, par période de 24 heures : ± 9 heures de lumière naturelle — ± 5 h 30 d'obscurité — 5 heures d'éclairage artificiel — ± 4 heures d'obscurité. Dans de telles conditions, les plantes ont un poids plus faible et montrent des symptômes pathologiques, notamment des taches jaunes dans le limbe foliaire, entre les nervures. ROODENBURG (13), qui constate aussi l'apparition de ces taches, parvient à les éviter en maintenant les plantes au-dessous de 15°, température à laquelle la croissance de la tomate reste trop faible. Plus récemment, JAKUVSKINA et KRAVCOVA (7) ont remarqué des symptômes analogues chez des plantes soumises à un éclairement continu et à une température constante de 23°; par contre, les taches jaunes n'apparaissent pas si la température s'abaisse chaque jour à 15° pendant 8 heures.

Déjà en 1939, LINDENBEIN (9) avait montré qu'il était possible de cultiver des tomates à température relativement élevée, à condition que la période d'obscurité reste ininterrompue pendant un temps suffisamment long. Il obtient d'excellents résultats avec des lampes au néon en

éclairant à partir de 3 heures du matin jusqu'à ce que l'intensité de la lumière naturelle soit suffisante, de manière à réaliser en hiver un « jour » de 14 heures auquel succède une période obscure ininterrompue de 10 heures. Selon WITHROW et WITHROW (19), la durée minimum de cette période obscure doit être de 6 heures.

En ce qui concerne la période d'éclairement photosynthétique intense, REINDERS-GOUWENTAK (12) indique qu'elle doit avoir une durée d'au moins 7 h 30. Un « jour » de 6 heures est trop court pour permettre une croissance satisfaisante. D'autre part, cet auteur recommande d'appliquer la lumière artificielle durant la matinée et quelques heures seulement de l'après-midi. Dans ses propres essais d'élevage en serre, (10) l'éclairement artificiel était donné de neuf ou de huit heures du matin, selon l'époque de l'année, jusqu'à 16 heures. Elle se fonde sur différentes observations et notamment sur le fait que la tomate montrerait son activité photosynthétique maximum avant midi (4), que l'obscurcissement précoce dans l'après-midi a un effet favorable sur la croissance et le rendement des plantes (17) et enfin que la tomate se développe mal sous un éclairage de longue durée.

II. — ESSAIS D'ELEVAGE DE PLANTS DE TOMATE A L'AIDE DE LUMIERE ARTIFICIELLE

1. Réalisation des essais

Au cours des hivers 1953-54 et 1954-55, des tomates de la variété *Tuckwood Improved Kondine Red* ont été élevées en serre avec et sans l'appoint de lumière artificielle.

Dans le premier essai (1953-54), les graines ont été mises en germination, au germoir de Copenhague, le 27-XI-1953. Elles ont été repiquées en caissettes, à 5 cm en tous sens, le 1-XII. La levée s'est produite le 4-XII. A ce moment, les plantes ont été réparties en divers groupes soumis à des traitements différant entre eux par la nature, l'intensité et la durée de l'éclairement. Chaque groupe est caractérisé par l'indication, en abrégé, de la source lumineuse, puis par deux nombres désignant respectivement l'énergie utilisée par mètre carré et la durée de l'éclairement. Ce sont :

1. HO. 300.16 : une lampe HO. 450 suspendue à 70 cm au-dessus du niveau des caissettes et placée dans un réflecteur rectangulaire de façon à éclairer une surface de 1,5 m^2. Une lampe de ce type consomme 450 watts, auxquels il faut ajouter 25 watts pour l'appareillage auxiliaire. L'énergie utilisée par mètre carré de surface éclairée est donc d'environ 300 watts/heure (exactement : 316 watts). Les lampes, commandées par un interrupteur horaire, s'allument à 4 heures et s'éteignent à 20 heures, fournissant ainsi un éclairement continu d'une durée de 16 heures.

2. HO. 150.16 : une lampe HO. 450 pour 3 m² (lampe suspendue à 90 cm). Eclairement d'environ 150 watts/m² par heure, pendant 16 heures (de 4 à 20 heures).

3. HO. 150.8 : lampe disposée comme dans le groupe précédent. Eclairement de 150 watts/m² pendant 8 heures (de 8 à 16 heures).

4. Ph. 300.16 : 6 tubes Phytors placés sur des armatures contenant le stabilisateur et disposés à 10 cm d'axe en axe. Les groupes de 6 tubes sont suspendus de 80 cm en 80 cm et placés à 40 cm au-dessus des caissettes. Chaque jeu de tubes éclaire donc une surface d'environ un mètre carré. La consommation propre de chaque tube est de 40 watts ; celle du stabilisateur, de 9 watts. Pour chaque mètre carré de surface éclairée, on utilise donc environ 300 watts par heure (exactement : 294 watts). La durée de l'éclairement est de 16 heures (de 4 à 20 heures).

5. Ph. 150.16 : 3 tubes Phytors, à 15 cm d'axe en axe, par mètre carré. On utilise environ 150 watts/m², pendant 16 heures (de 4 à 20 heures).

6. Ph. 150.8 : tubes disposés comme dans le groupe précédent. Energie utilisée : 150 watts/m², pendant 8 heures (de 8 à 16 heures).

7. Témoin : recevant seulement la lumière naturelle.

Les différents lots étaient placés dans la serre suffisamment loin l'un de l'autre pour éviter toute interférence. En outre, de 4 heures de l'après-midi à 8 heures du matin, ils étaient séparés par des écrans faits d'une épaisse toile à bâches.

L'effet des sources lumineuses a été comparé sur la base de l'énergie utilisée par mètre carré et non sur la base d'une intensité d'éclairement mesurée en lux. Il faut en effet tenir compte du fait que les cellules photoélectriques ont une sensibilité propre qui est loin d'être identique pour les diverses radiations. Pour nos mesures d'éclairement, nous avons utilisé la cellule au sélénium Lange S. 60, dont la sensibilité atteint son maximum dans le vert-jaune pour diminuer ensuite assez rapidement vers le bleu-violet et très rapidement vers le rouge-orangé. A énergie égale, les lampes à vapeur de mercure, très riches en vert-jaune, fourniront dans ces conditions plus de lux que les tubes Phytor, dont le rayonnement maximum est situé dans le rouge-orangé et qui émettent une proportion importante de rayons bleus et violets. C'est ainsi, par exemple, qu'au niveau énergétique de 300 watts/m², nous obtenons 6.500-7.000 lux sous les lampes HO. 450 contre 5.000-5.500 lux seulement sous les tubes Phytor.

La croissance des lots HO. 300.16 et Ph. 300.16 a été rapide ; les plantes ont dû être mises en pots de 8 cm de diamètre le 17-XII, après 13 jours d'éclairement. Les autres lots ont été empotés une semaine plus tard, le 24-XII.

A partir du 16-XII, on a pesé chaque semaine, un certain nombre de plantes de manière à suivre l'allure de la croissance. La partie aérienne a été coupée immédiatement au-dessous des cotylédons et pesée séparément pour chacune des plantes prélevées. La matière sèche a été déterminée également pour chaque plante, après dessication à 110° jusqu'à poids constant. Les deux premiers prélèvements ont porté sur 20 plantes dans chaque lot. Après l'empotage, chaque plante occupant une surface plus grande, nous avons dû réduire l'importance des prélèvements et nous limiter à 10 plantes par lot.

Le deuxième essai a eu lieu au cours de l'hiver 1954-1955. Il avait pour but de vérifier et de compléter les résultats obtenus l'année précédente avec l'éclairement le plus intense. Trois groupes seulement ont été constitués : HO. 300.16, Ph. 300.16 et témoin.

Les graines ont été mises en germination le 22-XI, au germoir de Copenhague; elles ont été repiquées en caissettes le 25-XI, à 5 x 5 cm. Les plantes des groupes HO. 300.16 et Ph. 300.16 ont reçu l'éclairage artificiel à partir de la levée (30-XI). Elles ont été mises en pots de 8 cm de diamètre le 16-XII, alors qu'elles avaient 3 feuilles formées, la quatrième commençant à se développer. Le lot témoin a été empoté au même stade de développement, le 28-XII. A cette date également, la hauteur atteinte par les plantes éclairées rendait nécessaire de relever les lampes. Malheureusement, la disposition de la serre que nous utilisions pour ce deuxième essai nous a obligé à suspendre les lampes à vapeur de mercure environ 10 cm plus haut qu'il aurait fallu, si bien que l'énergie au niveau des plantes est tombée de 300 watts/m^2 à 225 watts environ.

Les prélèvements ont été faits chaque semaine, de la même manière que dans l'essai précédent, et ont porté sur 10 plantes par lot. Outre la partie aérienne, on a également prélevé les racines qui ont été soigneusement lavées à l'eau et débarrassées des particules de terre qui y adhéraient à l'aide d'un pinceau souple, puis épongées avec du papier filtre. Cette opération a toujours été faite par la même personne de manière à réduire les risques d'erreur.

Les températures ont été fixées en tenant compte de la réaction de la tomate au thermopériodisme mis en évidence par Went (15 et 16), qui a montré qu'une alternance de températures diurnes relativement élevées et de températures nocturnes plus basses procure à cette plante les conditions les plus favorables pour la croissance, la floraison et la fructification. Les valeurs exactes des températures diurne et nocturne varient selon les variétés ; elles sont généralement nettement plus basses pour les variétés anglaises de serre (comme la *Kondine Red*) que pour les variétés américaines. Au cours du premier essai, nous avons maintenu la température aux environs de 22° pendant le jour et de 14-15° pendant la nuit. En 1954-55, la serre dont nous disposions ne nous a pas permis de maintenir une température diurne supérieure à 18-20° ; la température nocturne était de 13-14°.

TABLEAU I (*)

Cours du développement des plantes en élevage

ESSAI n° 1 (1953-54)

Nombre de jours depuis		Dates	Traitements						
Semis	Début éclairement		Ph. 300.16	HO. 300.16	Ph. 150.16	HO. 150.16	Ph. 150.8	HO. 150.8	Témoin
—		27-XI -53	Semis						
4		1-XII-53	Repiquage en caissettes						
7	—	4-XII-53	Levée — Début de l'éclairement						
19	12	16-XII-53	début 3° fe.	début 3° fe.	2 fe.	2 fe.	2 fe.	2 fe.	début 2° fe.
20	13	17-XII-53	Empotage						
26	19	23-XII-53	5 fe.	5 fe.	3°-4° fe.	3°-4° fe.	début 3° fe.	début 3° fe.	2 fe.
27	20	24-XII-53					Empotage		
33	26	30-XII-53	7°-8° fe.	7°-8° fe.	5°-6° fe.	5°-6° fe.	3°-4° fe.	3°-4° fe.	début 3° fe.
38	31	4- I-54	1er bouquet						
40	33	6- I-54	8°-9° fe.	8°-9° fe.	7°-8° fe.	7°-8° fe.	5°-6° fe.	5°-6° fe.	3°-4° fe.
42	35	8- I-54		1er bouquet					
47	40	13- I-54	9 fe.	9 fe.	8°-9° fe.	8°-9° fe.	7 fe.	7 fe.	5 fe.
57	50	23- I-54			1er bouquet				
60	53	26- I-54				1er bouquet			
62	55	28- I-54			12°-13° fe.	11° fe.	9°-10° fe.	9°-10° fe.	7 fe.
66	59	1- II-54					1er bouquet		
67	60	2- II-54						1er bouquet	
69	62	4- II-54					11 fe.	11 fe.	8°-9° fe.
76		11- II-54							10°-11° fe.
82		17- II-54							1er bouquet

(*) Voir suite du tableau I p. 440.

TABLEAU I (suite)

ESSAI n° 2 (1954-55)

Nombre de jours depuis		Dates	Traitements		
Semis	Début éclairement		Ph. 300.16	HO. 300.16	Témoin
		22-XI -54	Semis		
3		25-XI -54	Repiquage en caissettes		
8	—	30-XI -54	Levée — Début de l'éclairement		
15	7	7-XII-54	début 2e fe.	début 2e fe.	début 1re fe.
22	14	14-XII-54	3e-4e fe.	3e-4e fe.	2e fe.
24	16	16-XII-54	Empotage		
29	21	21-XII-54	5 fe.	5 fe.	début 3e fe.
36	28	28-XII-54	6 fe.	6 fe.	3e-4e fe - empotage
43	35	4- I-55	7 fe.	7 fe.	4 fe.
47	39	8- I-55	1er bouquet		
50	42	11- I-55	10e-11e fe.	10 fe.	5 fe.
53	45	14- I-55		1er bouquet	
57	49	18- I-55	12 fe.	11e-12e fe.	6 fe.
64		25- I-55			7 fe.
71		1-II-55			9 fe.
78		8-II-55			10e-11e fe.
88		18-II-55			1er bouquet
92		22-II-55			12e-13e fe.

TABLEAU II

Nombre de jours nécessaires pour l'apparition du premier bouquet floral (bouquet visible à l'œil nu)

	Traitement	Nombre de jours	
		depuis le semis	depuis le début de l'éclairement
Essai n° 1	Ph. 300.16	38	31
(1953-54)	HO. 300.16	42	35
	Ph. 150.16	57	50
	HO. 150.16	60	53
	Ph. 150.8	66	59
	HO. 150.8	67	60
	T.	82	—
Essai n° 2	Ph. 300.16	47	39
(1954-55)	HO. 300.16	53	45
	T.	88	—

2. Résultats

a. *Influence de l'éclairement sur le développement des plants de tomate*

Le cours du développement des plantes en élevage est synthétisé dans le tableau I. On voit que les tomates cultivées à la lumière artificielle ont une avance sensible sur les témoins qui n'ont reçu que la seule lumière naturelle de l'hiver. Le développement est d'ailleurs d'autant plus accéléré que les plantes ont été soumises à un éclairement plus intense ou plus prolongé. En effet, si on se rapporte aux résultats de l'essai n° 1, on constate que le degré d'avancement des plantes diminue quand on passe des lots les plus éclairés aux lots recevant moins de lumière. D'une manière générale, entre les plantes recevant une quantité de lumière donnée et celles qui reçoivent l'éclairement immédiatement inférieur, il y a une différence d'une ou deux feuilles dans le degré de développement. Cette différence s'accentue après quelques semaines, particulièrement entre les lots Ph. 150.16 et les 150.8, de même qu'entre ces derniers et le témoin.

On observe la même relation entre les différents niveaux d'éclairement et la date à laquelle le premier bouquet floral est visible à l'œil nu. Comme le montre le tableau II, la formation du premier bouquet est d'autant plus rapide que la quantité de lumière est plus forte.

Chez les plantes recevant un éclairement de 300 watts/m^2 pendant 16 heures, le premier bouquet se forme après 6 à 7 semaines, presque deux fois plus rapidement que chez le témoin, où il faut près de 3 mois pour le voir apparaître. L'avance sur le témoin est d'un peu plus de 3 semaines pour les groupes 150.16 et d'environ deux semaines pour les lots 150.8.

Le point d'insertion du premier bouquet sur la tige varie également avec l'intensité de l'éclairement. C'est ainsi qu'il apparaît au-dessus de la 10^{me} et parfois de la 11^{me} feuille chez les lots 300.16, au-dessus de la 11^{me} et 12^{me} feuille chez les plantes recevant 150 watts pendant 16 heures, au-dessus de la 12^{me} feuille dans le groupe 150.8 et, chez les témoins, parfois au-dessus de la 12^{me}, mais le plus souvent au-dessus de la 13^{me} feuille.

Si l'on compare les résultats de l'essai n° 1 (hiver 1953-54) à ceux de l'essai n° 2 (hiver 1954-55), on constate qu'au cours de ce dernier essai, le développement a été moins rapide que l'année précédente. En effet, alors qu'en 1953-54, les plantes des groupes 300.16 avaient déjà développé 7 feuilles, 33 jours après le semis, l'année suivante il faut attendre 43 jours pour voir les plantes soumises au même traitement atteindre le même stade de développement. En 1954-55, l'apparition du premier bouquet se produit, par rapport à l'année précédente, avec 9 jours de retard dans le groupe Ph. 300.16 et avec 11 jours de retard dans le groupe HO. 300.16. On remarque d'ailleurs le même retard, un

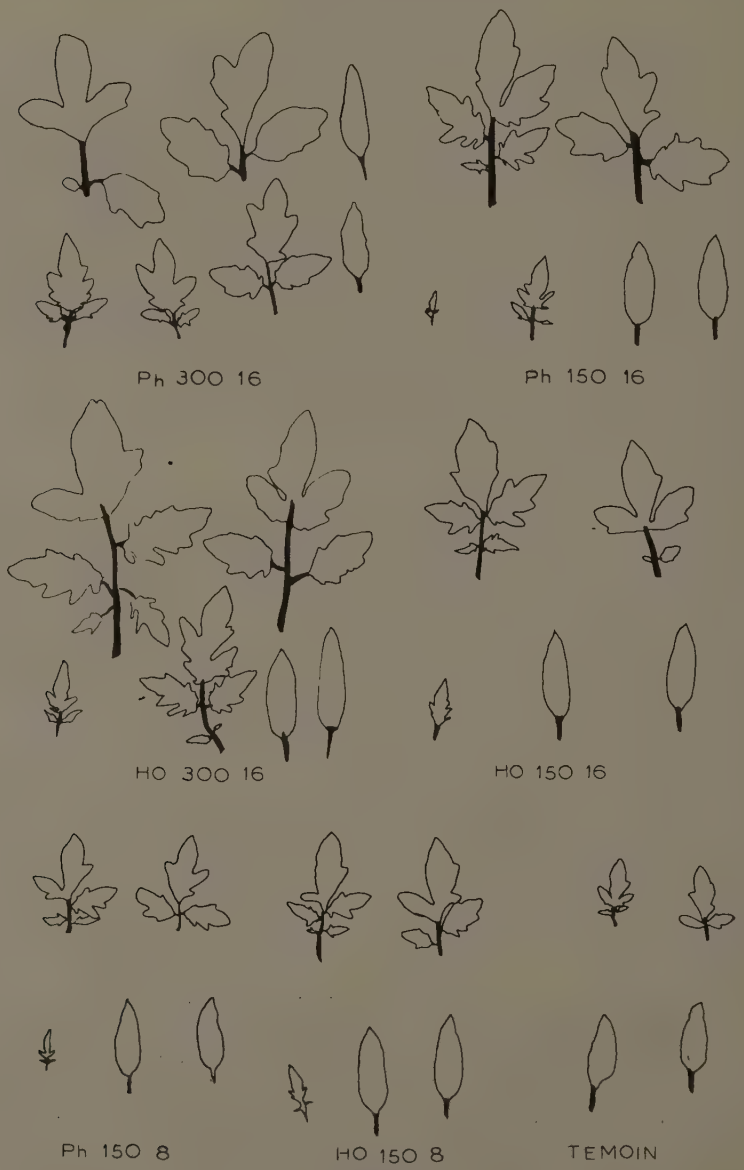

FIGURE 3.

Surface foliaire des plantes ayant subi les différents traitements, 26 jours après le semis

peu atténué, chez le témoin, dont le premier bouquet floral est visible 6 jours plus tard dans l'essai n° 2 que dans l'essai n° 1. Nous attribuons ce ralentissement général du développement à la température diurne plus basse, souvent de 4°, à laquelle les plantes ont été soumises en 1954-55.

L'augmentation de la surface foliaire des plantes irradiées montre d'une façon frappante à quel point la tomate est sensible à la quantité de lumière qu'elle reçoit. Le 23-XII-53, soit 26 jours après le semis, on a prélevé 10 plantes dans chacun des groupes et mesuré leur surface foliaire de la manière suivante : les feuilles et les cotylédons de chaque plante ont été détachés de la tige et placés, dans une chambre noire, sur une feuille de papier sensible telle qu'on en utilise pour la photocopie. Cette feuille a été ensuite exposée à la lumière pendant un temps convenable puis développée ; on a ainsi obtenu, en grandeur naturelle, la silhouette des feuilles et des cotylédons (fig. 3), dont la surface a été déterminée au planimètre. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau III.

TABLEAU III

Surface foliaire par plante, en cm², 26 jours après le semis

(moyenne de 10 plantes)

Ph. 300.16 : 31,8	Ph. 150.16 : 17,9	Ph. 150.8 : 8,2
HO. 300.16 : 32.9	HO. 150.16 : 13,2	HO. 150.8 : 9,9
	Témoin : 4	

b. *Influence de l'éclairement sur la croissance*

Les résultats des pesées faites lors des prélèvements hebdomadaires dont il a été question plus haut figurent dans les tableaux IV à VII. Les tableaux IV et V donnent les poids frais moyens tandis que les valeurs correspondantes de la matière sèche sont indiquées dans les tableaux VI et VII. Ces données ont servi à établir les courbes de croissance reproduites dans les figures 4 et 5.

Comme le développement, la croissance est d'autant plus accélérée que la quantité de lumière reçue est plus forte. En effet, les résultats de l'essai n° 1 montrent que, sous chaque source lumineuse, l'augmentation de la quantité de matière sèche est proportionnelle au produit de l'intensité de l'éclairement par sa durée : elle est plus rapide lorsque, les intensités lumineuses étant égales, l'éclairement est plus prolongé ou encore lorsque, pour de même durées d'éclairement on augmente l'intensité lumineuse.

La réaction de la tomate à la quantité de lumière qu'elle reçoit est très rapide. En 1953-54, dès le premier prélèvement, c'est-à-dire après

TABLEAU IV ESSAI n° 1 (1953-54)

Poids secs de la partie aérienne (en gr)

(moyenne de 20 plantes pour les 2 premières dates, de 10 plantes pour les autres)

Nombre de jours		Dates	Ph. 300.16	HO. 300.16	Ph. 150.16	HO. 150.16	Ph. 150.8	HO. 150.8	Témoin
Semis	Eclairement								
19	15	16-XII-53	0,322	0,253	0,188	0,144	0,116	0,118	0,093
26	22	23-XII-53	1,175	1,142	0,504	0,388	0,213	0,217	0,144
33	29	30-XII-53	2,764	3,126	0,913	0,670	0,234	0,224	0,097
40	36	6-I-54	6,477	7,030	1,996	1,735	0,473	0,517	0,132
47	43	13-I-54	11,396	10,938	5,117	3,725	1,058	1,328	0,261
62	58	28-I-54	—	—	16,088	8,862	4,191	4,758	0,622

TABLEAU V ESSAI n° 2 (1954-55)

Poids frais moyens (en gr). (Moyenne de 10 plantes)

Nombre de jours		Dates	Partie aérienne			Racines			Plante totale		
Semis	Eclairement		Ph. 300.16	HO. 300.16	T.	Ph. 300.16	HO. 300.16	T.	Ph. 300.16	HO. 300.16	T.
15	7	7-XII-54	0,129	0,125	0,081	0,014	0,010	0,002	0,143	0,135	0,083
22	14	14-XII-54	0,339	0,258	0,096	0,125	0,111	0,060	0,464	0,369	0,156
29	21	21-XII-54	0,743	0,432	0,152	0,274	0,183	0,081	1,017	0,715	0,233
36	28	28-XII-54	2,387	2,125	0,276	0,552	0,484	0,107	2,939	2,610	0,383
43	35	4- I-55	5,769	4,410	0,303	1,015	0,782	0,129	6,784	5,192	0,432
50	42	11- I-55	11,304	8,753	0,438	1,755	1,416	0,169	13,059	10,169	0,607
57	49	18- I-55	23,706	15,673	0,601	3,944	2,090	0,198	27,650	17,763	0,799
64		25- I 55			1,287			0,301			1,588
71		1-II-55			2,608			0,545			3,153
78		8-II-55			3,803			0,609			4,412
92		22-II-55			9,500			1,511			11,011

TABLEAU VI

ESSAI n° 1 (1953-54)

Poids sec de la partie aérienne (en gr)

(moyenne de 20 plantes pour les 2 premières dates, de 10 plantes pour les autres)

Nombre de jours		Dates	Ph. 300.16	HO. 300.16	Ph. 150.16	HO. 150.16	Ph. 150.8	HO. 150.8	Témoin
Semis	Eclairement								
19	15	16-XII-53	0,020	0,024	0,013	0,009	0,007	0,008	0,005
26	22	23-XII-53	0,083	0,077	0,034	0,025	0,014	0,014	0,0085
33	29	30-XII-53	0,227	0,234	0,071	0,046	0,019	0,016	0,009
40	36	6-I-54	0,583	0,593	0,165	0,126	0,037	0,039	0,011
47	43	13-I-54	0,850	0,719	0,332	0,230	0,072	0,082	0,018
62	58	28-I-54	—	—	1,043	0,596	0,288	0,309	0,044

TABLEAU VII

ESSAI n° 2 (1954-55)

Poids secs moyens (en gr). (Moyenne de 10 plantes)

Nombre de jours		Dates	Partie aérienne			Racines			Plante totale		
Semis	Eclairement		Ph. 300.16	HO. 300.16	T.	Ph. 300.16	HO. 300.16	T.	Ph. 300.16	HO. 300.16	T.
22	14	14-XII-54	0,027	0,020	0,006	0,006	0,005	0,0025	0,033	0,025	0,0085
29	21	21-XII-54	0,065	0,043	0,010	0,014	0,009	0,0033	0,079	0,052	0,013
36	28	28-XII-54	0,177	0,151	0,016	0,029	0,025	0,005	0,206	0,176	0,021
43	35	4- I-55	0,501	0,354	0,022	0,070	0,049	0,007	0,571	0,403	0,029
50	42	11- I-55	0,778	0,588	0,029	0,117	0,099	0,008	0,895	0,687	0,037
57	49	18- I-55	1,852	1,181	0,041	0,303	0,153	0,012	2,155	1,334	0,053
64		25- I-55			0,081			0,014			0,095
71		1-II-55			0,163			0,024			0,187
78		8-II-55			0,242			0,033			0,275
92		22-II-55			0,914			0,115			1,029

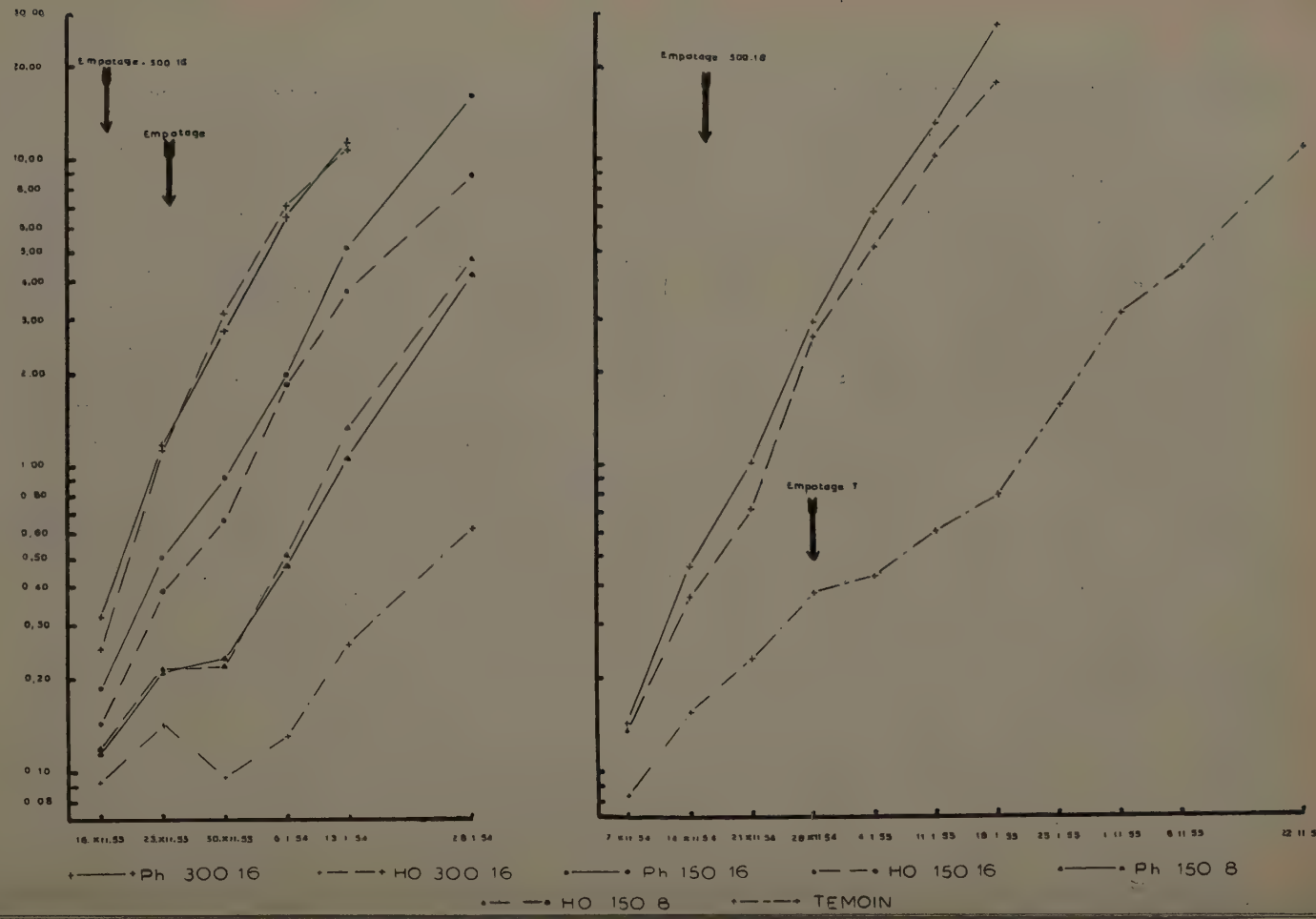

FIGURE 4.

Action les différents traitements sur l'augmentation du poids frais

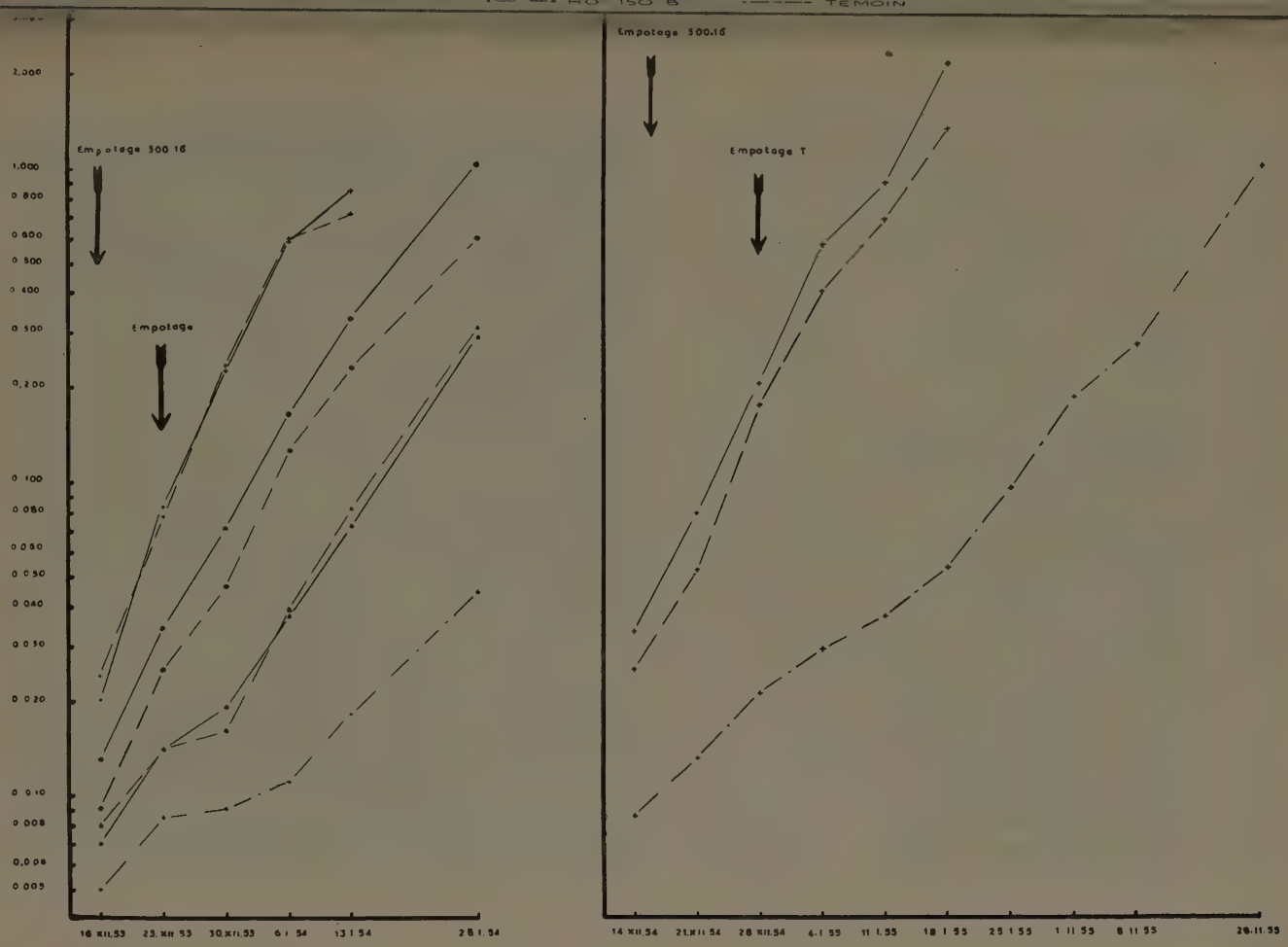

FIGURE 5.

Action des différents traitements sur l'augmentation du poids sec

seulement 15 jours d'irradiation, les groupes 300.16 se séparent significativement des autres groupes ($P < 0,01$) ; il en va de même pour les groupes 150.16, mais à partir du deuxième prélèvement (après 22 jours d'éclairement). Par contre, si l'on fait porter l'analyse de la variance sur l'ensemble des résultats, on ne distingue pas avant le 28-I-54 de différence significative entre les groupes 150.8 et le témoin ; en effet, bien que le poids moyen de ce dernier lot devienne à la longue plusieurs fois plus petit que celui des lots 150.8, la faible différence absolue qui les sépare est de peu de signification au regard des valeurs très élevées qu'on observe dans les groupes 150.16 et 300.16. Mais si l'on fait abstraction des autres traitements pour ne considérer que les lots 150.8 et le témoin, les différences deviennent significatives ($P < 0,01$) à partir du 23-XII (22 jours d'éclairement).

A la suite de l'empotage, les courbes de croissance accusent presque toutes un fléchissement, d'autant plus marqué que la quantité de lumière appliquée est plus faible. Que l'on compare, par exemple, dans la figure 6, les courbes des groupes 150.16 avec celles des groupes 150.8 et du témoin. En 1953-54 (fig. 4) on constate même, entre le 23-XII et le 6-I une diminution du poids frais du témoin. Elle est due au fait que la transpiration n'a pu être suffisamment compensée par l'absorption radiculaire, la matière sèche en pour cent du poids frais passant de 5,9 au 23-XII à 9,3 au 30-XII et à 8,2 au 6-I (tableau VIII).

FIGURE 6. Etat des plantes le 13-1-1955, soit 52 jours après le semis

TABLEAU VIII

Matière sèche en % du poids frais

ESSAI n° 1 (1953-54)

Partie aérienne

Dates	Ph. 300.16	HO. 300.16	Ph. 150.16	HO. 150.16	Ph. 150.8	HO. 150.8	T.
16-XII-53	6,1	9,6	6,8	6,2	6,2	6,4	5,6
23-XII-53	7,1	6,7	6,8	6,5	6,6	6,3	5,9
30-XII-53	8,2	7,5	7,7	6,9	8,0	7,3	9,3
6-I-54	9,0	8,4	8,3	7,3	7,9	7,5	8,2
13-I-54	7,5	6,6	6,5	6 2	7,0	6,2	6,7
28-I-54	—	—	6,5	6,7	6,9	6,5	7,1

ESSAI n° 2 (1954-55)

Plante totale

Dates	Ph. 300.16	HO. 300.16	Témoin
14-XII-54	7,1	6,8	5,4
21-XII-54	7,8	7,3	5,6
28-XII-54	7,0	6,7	5,5
4- I-55	8,4	7,8	6,7
11- I-55	6,9	6,8	6,1
18- I-55	7,8	7,5	6,6
25- I-55	—	—	6,0
1-II-55	—	—	5,9
8-II-55	—	—	6,2
22-II-55	—	—	9,3

Ce phénomène ressort particulièrement bien lorsqu'on calcule la vitesse moyenne de croissance des différents groupes pour des périodes déterminées.

Considérons une plante annuelle en pleine croissance, dans des conditions favorables de milieu. A mesure qu'augmentent la surface foliaire et le nombre de radicelles, l'absorption des éléments nécessaires au fonctionnement de la plante (eau, sels nutritifs, CO_2 ...) devient plus abondante, ce qui permet la fabrication d'une quantité plus grande de matière végétale capable à son tour d'absorber et d'assimiler. En schématisant, on peut dire que le poids sec d'une plante, dont la vitesse de

croissance demeure constante, augmente en progression géométrique lorsqu'on le mesure à des espaces de temps égaux. BLACKMAN (1) suggère que la croissance d'une plante annuelle, au moins pendant sa phase initiale, peut être considérée comme obéissant approximativement à la loi des intérêts composés. Le poids sec atteint par une telle plante à la fin d'une période donnée dépend, selon lui :

1° du poids de la graine, ou du poids de la plante au début de la période considérée, qu'on peut assimiler au capital initial.

2° de la vitesse moyenne à laquelle se forme la matière végétale nouvelle à partir de la matière déjà existante. Elle correspond à l'intérêt du capital employé.

3° de la durée de la période de croissance (temps pendant lequel le capital est placé à intérêts composés).

Si nous représentons par p le poids sec de la plante à un moment quelconque, par t le temps et par r la vitesse à laquelle la matière de départ fabrique de la matière nouvelle, nous avons la relation :

$$\frac{d\,p}{d\,t} = r \cdot p$$

Si r est supposé constant, l'intégration donne une relation de la forme :

$$\log_e \frac{P_1}{P_0} = r.t \quad \text{où} \quad P_1 = P_0 \cdot e^{rt}$$

dans laquelle P_0 est le poids initial, P_1 le poids final après le temps t. Le terme r représente la fraction du poids sec total qui, par unité de temps, vient s'ajouter par la croissance. BLACKMAN l'a appelé « l'index d'efficacité » de production de la matière sèche.

Nous avons calculé les index d'efficacité moyens, par jour, pour des périodes d'une semaine. Ils figurent dans le tableau IX, où ils sont indiqués sous forme de pourcentage.

Dans l'essai n° 1, la valeur de l'index d'efficacité diminue régulièrement avec le temps, mais on observe, à partir des lots 150.16, une chute brusque dans la période du 23-XII au 30-XII, à la suite de l'empotage. Cette chute de l'index s'accentue quand on passe des lots plus éclairés à ceux qui le sont moins; elle est suivie d'un relèvement d'autant plus fort que l'abaissement a été plus marqué au point même que les valeurs de la troisième période dépassent celles de la première dans les lots 150.8. Chez le témoin, l'abaissement de l'index est très fort et il faut attendre deux semaines avant de voir les plantes reprendre une vitesse de croissance normale.

En 1954-55 (essai n° 2), on remarque également, chez le témoin, une diminution sensible de la vitesse de croissance pendant deux et même trois semaines mais elle est beaucoup moins brutale que l'année précé-

TABLEAU IX

Index d'efficacité moyen (par jour) *de la production de matière sèche* (en %)

ESSAI n° 1 (1953-54)

Période	Ph. 300.16	HO. 300.16	Ph. 150.16	HO. 150.16	Ph. 150.8	HO. 150.8	T.
16-XII - 23-XII-53	20,6	16,3	14,2	14,9	9,4	8,4	7,0
23-XII - 30-XII-53	14,3	15,9	10,2	8,5	4,2	2,5	0,98
30-XII-53 - 6-I-54	13,4	13,2	12,0	14,4	9,7	12,3	2,6
6-I - 13-I-54	5,3	2,7	10,8	8,5	9,5	10,6	6,7
13-I - 23-I-54	—	—	7,6	6,3	9,1	8,8	6,2

ESSAI n° 2 (1954-55)

Période	Ph. 300.16	HO. 300.16	Témoin
14-XII - 21-XII-54	12,5	10,5	6,9
21-XII - 28-XII-54	13,7	17,4	6,8
28-XII-54 - 4- I-55	14,6	11,7	4,1
4- I - 11- I-55	6,4	7,6	4,0
11- I - 18- I-55	12,6	9,5	5,1
18- I - 25- I-55	—	—	8,3
25- I - 1-II-55	—	—	9,7
1-II - 8-II-55	—	—	5,5
8-II - 22-II-55	—	—	9,4

dente. En effet, en 1953-54, toutes les plantes, à partir des lots 150.16, ont été empotées le même jour, mais à des stades de développement très différents. Or les plantes des lots 150.16, qui avaient 3 feuilles bien formées et la 4^{me} en cours de développement, ont souffert beaucoup moins de l'empotage que les lots 150.8, qui commençaient à former leur troisième feuille, et surtout que les témoins qui n'en étaient qu'à leur deuxième feuille. L'arrêt presque complet de la croissance dans le lot témoin avait été attribué au fait qu'il était trop peu avancé dans son développement pour supporter l'empotage dans les mauvaises conditions de milieu qui lui étaient offertes. Aussi a-t-on préféré, l'année suivante, attendre pour effectuer l'empotage que les plantes des différents lots soient arrivées au même stade de développement de 3 feuilles bien formées. Cette manière de faire, sans supprimer complètement le fléchissement de la courbe de croissance, l'a cependant assez notablement

diminué. Par contre, les plantes des lots 300.16 qui ont été empotées en 1953-54, au même stade de développement que les plantes des lots 150.8, ne marquent aucune diminution de leur vitesse de croissance. Il en va de même en 1954-55, à l'exception peut-être du lot HO. 300.16 dont l'index, relativement bas au cours de la première période, se relève rapidement dans la période suivante.

Un deuxième fléchissement de la courbe de croissance, auquel correspond une diminution de l'index d'efficacité, s'observe également dans les trois groupes de l'essai n° 2, peu avant que le premier bouquet floral ne soit visible à l'œil nu. Il apparaît en effet dans la semaine du 4-I au 11-I pour les groupes Ph. 300.16 (premier bouquet floral visible le 8-I) et HO. 300.16 (premier bouquet floral visible le 14-I) et dans la semaine du 1-II au 8-II pour le témoin (premier bouquet floral visible le 18-II) (fig. 7 et tableau IX). Ce fléchissement correspond à l'époque de formation des ébauches ; il se produit d'autant plus tôt avant l'apparition du bouquet floral que les conditions de croissance sont moins favorables.

c. *Comparaison entre les tubes Phytor et les lampes HO. 450*

L'effet sur le développement de ces deux sources lumineuses est à peu près semblable. Dans les deux essais, le rythme d'apparition des feuilles, pour un éclairement donné, est pratiquement le même sous les deux types de lampes. Cependant, l'apparition du premier bouquet est généralement un peu plus précoce sous les Phytors. L'avance qui en résulte devient plus forte quand la quantité de lumière augmente : par rapport aux plantes élevées sous les lampes HO. 450, elle est de 1 jour dans le groupe Ph. 150.8, de 3 jours dans le groupe Ph. 150.16 et, pour le groupe 300.16, de 4 jours dans le premier essai et de 6 jours dans le second. Cette différence est relativement faible si on la compare à l'avance considérable que procure le Phytor sur la lampe HO. 450 dans un essai de Bouillenne et Fouarge (3). Cette discordance entre nos résultats et ceux de ces auteurs provient, à notre avis, du fait que ceux-ci ont établi la comparaison des deux types de lampes sur la base d'une même intensité lumineuse mesurée en lux (5.000 lux sous chacune des lampes). Or, par rapport aux tubes Phytor, les lampes à vapeur de mercure émettent une proportion beaucoup plus forte des rayons vert-jaune auxquels les cellules photoélectriques au sélénium sont particulièrement sensibles. Dans ces conditions, égaliser des éclairements mesurés en lux revient à fournir plus d'énergie par unité de surface sous les tubes Phytor que sous les lampes HO. Lorsqu'on compare, comme nous l'avons fait, les deux sources lumineuses sur la base d'une même quantité d'énergie par m^2, on s'aperçoit que l'avantage procuré par les Phytors est assez faible.

En ce qui concerne la croissance, les différences ne sont pas non plus très marquées. En 1953-54, le Phytor ne l'emporte sur la lampe HO. 450 que tout à la fin de la période d'élevage (à partir du 13-I) dans les groupes 300.16 et 150.16 (différence significative, $P < 0{,}01$). Dans les groupes 150.8, il n'y a, à aucun moment, de différence signifi-

cative entre les deux sources lumineuses. Notons cependant que les lots HO. 150.16 et HO. 150.8 ont moins bien supporté l'empotage que les lots correspondants cultivés sous le Phytor : leur courbe de croissance et leur index d'efficacité accusent un fléchissement sensiblement plus accentué dans la semaine du 23-XII au 30-XII-53. En 1954-55, les Phytors semblent l'emporter un peu plus nettement. Les plantes élevées sous les lampes à vapeur de mercure ont plus souffert de l'empotage ; le 21-XII, leur poids sec est significativement inférieur à celui des plantes irradiées avec le Phytor ($P < 0{,}01$). Il en va de même pour les trois derniers prélèvements (4, 11 et 18 janvier). Rappelons toutefois qu'à partir du 28-XII, les lampes HO. ont dû être placées 10 cm trop haut ; la chute d'intensité lumineuse qui en résulte au niveau des plantes est fort probablement pour une bonne part dans le ralentissement de la croissance à partir de cette date.

Par contre, des différences assez fortes apparaissent dans l'aspect des plantes traitées. Celles qui ont été élevées sous les tubes fluorescents sont généralement fortes et trapues ; leur feuillage est vert sombre, la tige et souvent la partie inférieure des feuilles près de la nervure principale, prennent une teinte violacée. Les plantes cultivées sous les lampes à vapeur de mercure sont plus hautes avec des entrenœuds plus longs, leur feuillage est clair et la tige a une teinte vert pâle; elles paraissent, dans l'ensemble, beaucoup moins vigoureuses (fig. 6). Ici, le tube Phytor marque une supériorité incontestable sur la lampe HO. 450. Nous ne pouvons que confirmer l'affirmation de Bouillenne : les tomates élevées en hiver sous les tubes Phytor sont aussi vigoureuses que celles que l'on obtient en culture normale pendant les mois d'avril et mai.

Au point de vue de l'utilisation pratique, le Phytor présente l'avantage d'offrir un éclairement plus uniforme sur la surface de travail. En effet, ses 40 watts sont répartis dans un tube de 1,2 m de long alors que les 450 watts de la lampe HO. sont condensés dans une petite ampoule de 14,5 cm de long et d'un diamètre à peu près identique à celui des tubes fluorescents. Mais le grand inconvénient de ces derniers est leur faible puissance. Pour obtenir une intensité assez élevée, il faut utiliser plusieurs tubes au mètre carré et les placer relativement près des plantes: les réflecteurs dont ils sont munis vont alors causer beaucoup d'ombre sur la culture. On se trouve ainsi empêché d'interrompre l'éclairement artificiel pendant les heures les plus lumineuses des jours clairs d'hiver, comme on pourrait le faire dans la pratique en vue de diminuer la consommation de courant. De plus, lorsqu'on doit éclairer de la sorte des surfaces de plusieurs mètres carrés, l'encombrement des tubes rend plus malaisées la surveillance de la culture et l'exécution de travaux comme les arrosages par exemple. Enfin, le poids élevé de l'appareillage — le seul stabilisateur qui accompagne chaque tube pèse près de deux kilogs — permet difficilement l'installation d'un dispositif destiné à relever les tubes vers le sommet de la serre pour faciliter l'accès de la lumière naturelle ou les travaux d'entretien. Ces désavantages disparaissent avec la lampe HO. 450 : une seule lampe suffit à éclairer une surface relati-

vement grande ; la hauteur à laquelle elle est placée au-dessus des plantes et les faibles dimensions de son réflecteur réduisent fortement l'ombrage et n'entravent nullement l'exécution des opérations culturales.

3. Résumé et Conclusions

La rapidité du développement et de la croissance des plants de tomate élevés en hiver sous différents niveaux d'éclairement d'une même source lumineuse dépend de la quantité de lumière qu'ils reçoivent (produit de l'intensité de l'éclairement par sa durée). Sous un éclairement de 300 watts par mètre carré pendant 16 heures, l'accélération du développement permet d'obtenir des plantes dont le premier bouquet floral est visible à l'œil nu après 6 à 7 semaines de culture, alors qu'il faut environ 12 semaines pour les témoins ne recevant que la seule lumière naturelle. Le point d'insertion du premier bouquet sur la tige se trouve d'autant plus bas que la quantité de lumière appliquée a été plus grande.

La rapidité de la croissance est également sous la dépendance du niveau d'éclairement. Après seulement 15 jours d'irradiation à raison de 16 heures par jour, les groupes de plantes recevant 300 watts au mètre carré se différencient significativement de ceux qui reçoivent 150 watts au mètre carré. Chez les plantes élevées à la lumière naturelle seule, l'empotage cause un ralentissement marqué, voire un arrêt presque total de la croissance. L'application de lumière artificielle diminue fortement l'importance de ce ralentissement, ou même — pour des éclairements intenses de 300 watts/m^2 pendant 16 heures — le supprime complètement.

Bien que leur spectre d'émission soit à priori plus adéquat, les tubes fluorescents Phytor ne marquent qu'un léger avantage sur la lampe à vapeur de mercure HO. 450 dans l'activation de la croissance et du développement. Leur supériorité est beaucoup plus nette en ce qui concerne leur action formative : les plantes élevées sous Phytor sont en général plus vigoureuses et plus trapues. Cependant, l'emploi des Phytors sur une grande échelle ne va pas sans certaines difficultés pratiques qui disparaissent si on utilise la lampe HO. 450.

BIBLIOGRAPHIE

(1) BLACKMAN, V. H. : 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. XXXIII, n° CXXXI : 353-360.

(2) BOUILLENNE, R. et FOUARGE, M. : 1953. Etude d'un nouveau type d'éclairage fluorescent pour la culture en serre. Bull. Hort. VIII, 3, 72-80.

(3) ——— : 1954 : Comparaison de divers systèmes d'éclairage artificiel appliqués à la culture des tomates. Bull. Hort., IX, 2 : 39-42.

(4) CHRISTOFER, E. P. : 1936. Carbon dioxide assimilation of the tomato. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 34 : 527-535.

(5) GABRIELSEN, E. K. : 1948. Influence of light of different wave-lengths on photosynthesis in foliage leaves. Physiologia plantarum, I, 2 : 113-123.

(6) HOOVER, W. H. : 1937. The dependance of carbon dioxide assimilation in a higher plant on wave-length of radiation. Smithsonian Misc. Coll. 95, 21 : 1-13.

(7) JAKUSKINA, N. I. et KRAVCOVA, B. E. : 1953. Effet de l'éclairement ininterrompu sur la croissance et la fructification de la tomate. Dokl. Akad. Nauk, S.S.S.R., 91 : 425-428.

(8) LAWRENCE, W. J. C. and CALVERT, A. : 1954. The artificial illumination of seedlings. Journ. Hort. Sci., XXIX, 3 : 157-174.

(9) LINDENBEIN, W. : 1939. Ueber die Bedeutung der Tageszeit bei zusätzlichen Kunstlichtgaben im Winter. Gartenbauwiss., XIII, 4 : 587-597.

(10) REINDERS-GOUWENTAK, C. A. en SMEETS, L. : 1950. Het opkweken van stooktomaten met behulp van de Hogedruk-kwiklamp Philips HO. 2000. Meded. Landbouwhogesch. Wageningen, L, 4 : 63-71.

(11) ——— : 1951. De lichtbehoefte van tomaat in de Winter. Meded. Dir. Tuinb. XIV : 407-413.

(12) REINDERS-GOUWENTAK, C. A., SMEETS, L. and ANDEWEG, J. M. : 1951. Growth and flowering of the tomato in artificial light. I. Vegetative development. Med. Landbouwhogesch. Wageningen, LI, 2 : 63-73.

(13) ROODENBURG, J. W. M. : 1940. Das Verhalten von Pflanzen in verschieden farbigem Licht. Rec. Trav. Bot. Néerl. XXXVII : 303-374.

(14) ——— : 1949. Nieuwe resultaten met toepassing van kunstmatige belichting. Med. Dir. Tuinb. XII, 8 : 490-505.

(15) WENT, F. W. : 1944. Plant growth under controlled conditions. II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. nn. Journ. Bot. XXXI : 135-150.

(16) ——— : 1945. Plant growth under controlled conditions. V. The relation between age, light, variety and thermoperiodicity of tomatoes. nn. Journ. Bot. XXXII : 469-479.

(17) ——— : 1946. Effect of temporary shading on vegetables. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 48 : 374-380.

(18) WITHROW, A. P. and WITHROW, R. B. : 1947. Plant growth with artificial sources of radiant energy. Plant Phys. XXII : 494-513.

(19) ——— : 1949. Photoperiodic chlorosis in tomato. Plant Phys. XXIV, 4 : 657-663.

Note concernant l'inoculation des semences de *Trifolium pratense* (Trèfle violet) en Belgique (*)

par

Paul MANIL et Charles BONNIER (**)

L'inoculation des semences de Luzerne *(Medicago sativa)* est entrée, avec raison, dans la pratique agricole en Belgique.

De 200 hectares de Luzerne inoculés en 1950, le chiffre est monté à plus de 3.000 hectares en 1953 et à plus de 6.000 hectares en 1954.

Les résultats, généralement très favorables, sont spectaculaires dans certaines régions du pays, en Condroz, en Ardenne et en Gaume notamment. Le supplément de récolte, dû à l'inoculation, a en effet varié, au cours des essais que nous avons effectués, de 57 à 120 % (1). Dans un cas, l'expérience porta sur quatre variétés de Luzerne qui, toutes, réagirent très favorablement.

Jusqu'à présent, nous réservions notre avis en ce qui concerne l'inoculation des semences de Trèfle violet *(Trifolium pratense)*. Les cultures de Trèfle réussissent généralement bien en Belgique. Quel que soit l'endroit où des plantes sont prélevées, des nodules « effectifs » sont visibles sur la partie radiculaire, ce qui indique, dans tous les sols observés, la présence de souches de *Rhizobium* actives.

Nous avons néanmoins isolé de nombreuses souches, spécifiques de *Trifolium pratense*, à partir de plantes prélevées en divers lieux du pays. Ces différentes souches ont d'abord été testées en serre sur des plantules de *Trifolium*, cultivées aseptiquement sur un milieu dépourvu d'azote, selon la technique habituelle. Nous avons pu ainsi juger de l'« efficacité » de ces diverses souches, au point de vue fixation d'azote.

Nous avons remarqué que, si les souches isolées étaient en grande majorité fixatrices, il existait néanmoins de fortes variations d'une souche à l'autre, quant à l'intensité du pouvoir fixateur d'azote.

(*) Travail subsidié par la Province de Luxembourg.

(**) Associé du Fonds National Belge de la Recherche Scientifique.

(1) MANIL, Paul et BONNIER, Charles, 1953. *Atti del VI Congresso Internazionale di Microbiologia*. Roma 6-12 sett. 1953. Vol. 6, Sez. XVIII, p. 331.

Trois souches, parmi les meilleures observées, indexées S. 50, S. 53 et S. 55 ont été mises en comparaison avec des parcelles témoins non inoculées, dans trois champs d'essai établis à Libramont, à Presseux (Libramont) et à Bagimont (Sugny).

Dans deux de ces trois champs, les parcelles inoculées avec la souche S. 55 se sont révélées supérieures aux parcelles inoculées avec les deux autres souches S. 50 et S. 53. Les parcelles témoins non inoculées étaient les moins bonnes, malgré la présence de nodules actifs. Le développement des plantes, la couleur plus foncée des feuilles, le meilleur peuplement des parcelles étaient révélateurs à cet égard.

Il s'agit là, à notre connaissance, des premiers résultats positifs obtenus en Belgique sur *Trifolium pratense*. Sans être aussi spectaculaires que sur la Luzerne, en raison de la présence dans tous les sols de *Rhizobium* spécifique du genre *Trifolium*, les résultats sont certains et indiquent qu'il y a intérêt à inoculer les semences de Trèfle avec des souches judicieusement choisies.

L'expérimentation doit être poursuivie par l'examen du pouvoir « compétitif » des souches à l'essai. Il importe en effet d'inoculer avec des souches, non seulement douées d'un haut pouvoir fixateur d'azote, mais encore capables de coloniser les racines malgré la présence de souches indigènes moins actives. Ce pouvoir « compétitif » est particulièrement important pour les souches spécifiques du Trèfle, puisque, en général, tous les sols belges contiennent des souches actives.

Les résultats positifs obtenus militent en faveur de l'inoculation des semences de Trèfle par une souche sélectionnée de *Rhizobium*. Et ce, dans tous les cas, étant donné le coût peu élevé de l'opération.

Octobre 1955.
Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux.
Laboratoire de Microbiologie.

Livres reçus

A. GUILLAUMIN, F. MOREAU et C. MOREAU : La vie des plantes. — Collection in 4°. Larousse, Paris 1955, 468 p., 835 F. B.

Ouvrage de botanique générale, à l'usage du public cultivé, de présentation impeccable, abondamment et magnifiquement illustré (1.200 illustrations en noir - 18 planches en couleur).

Il ne s'agit pas d'un traité réalisé selon les méthodes traditionnelles de l'enseignement de la botanique, mais d'une œuvre originale dans sa conception, une sorte de roman de la vie dans lequel la plante joue le premier rôle. C'est pourquoi la lecture en est aisée et agréable.

Quoiqu'il s'agisse d'une œuvre de vulgarisation, il y est fait état, dans la mesure du possible, des dernières acquisitions de la science.

La description imagée de quelques paysages botaniques sert d'entrée en matière. D'emblée, le lecteur est enclin à continuer à prendre connaissance de la suite de l'ouvrage qui comporte quatre grandes parties : la biologie des plantes en général, les grands groupes de plantes, les plantes dans l'économie humaine et enfin leur distribution géographique.

En résumé, un excellent ouvrage de vulgarisation.

A. W.

⁂

P. MAHILLON et M. VINCHENT : Etudes sur le Remembrement Rural — Un volume in-8° de 216 p. — 1955. — 150 F. Editions F. LARCIER, Bruxelles.

Le remembrement des biens ruraux pose des problèmes juridiques et techniques particulièrement délicats. La solution des seconds est liée à la solution donnée à diverses questions importantes se rapportant au droit. C'est cet aspect du remembrement que les auteurs du présent ouvrage étudient spécialement.

Après quelques généralités (définitions — nécessité et avantage) relatives au regroupement des terres, ils donnent un bref aperçu sur les mesures prises par les Pouvoirs publics de certains pays en vue de le réaliser.

Ils étudient ensuite, d'une manière approfondie, les législations française, suisse et hollandaise en matière de remembrement rural.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée au remembrement en Belgique. Les auteurs y passent en revue les mesures prises par nos gouvernants en vue de remédier au parcellement excessif ; le projet de loi sur le remembrement légal des biens ruraux, récemment déposé par le Gouvernement, est systématiquement analysé. Les auteurs ont aussi le souci de suggérer des correctifs à notre législation en matière de succession des biens ruraux, qui est à la base de l'émiettement de notre domaine agricole et du parcellement de nos exploitations.

Cet ouvrage vient certainement à son heure. Nul doute qu'il ne rencontre l'accueil le plus favorable auprès de tous ceux que préoccupent les importants problèmes traités.

A. L.

Table des Matières du Tome XXIII, 1955

N° 1.

In memoriam. — E. MARCHAL. † 3
DEBUISSON, J. et KLETTENBERG, R. † — Quelques corrélations entre la la duplicature et certains caractères phénotypiques chez *Matthiola incana* R. Br. *annua*, Voss 13
EVRARD, R. — Contribution à l'étude des propriétés germinatives de faînes par la méthode au chlorure de 2-3-5 triphenyltetrazolium 49
MANIL, P. et FOURNEAU, J. — Action du thiouracile et de l'uracile sur le crown-gall 55
TONNARD, V. — La pédogénèse dans la forêt de Saint-Michel 66
Note. — VANHELMONT, G. — Etude du microclimat régnant dans un peuplement de genêts entr'ouvert de couloirs de plantation 90
Bibliographie 102
Livres reçus 103

N° 2.

DAGNELIE, P. — Les sols forestiers de l'Ardenne. Analyse statistique complémentaire. Application de tests non-paramétriques 107
DESCHREIDER, A. R. et RENARD, M. — Influence des rayons ultra-violets sur le spectre d'absorption du l-tryptophane 151
GOFFINET, A. — Quelques considérations sur le dosage du magnésium par la méthode au jaune thiazol 166
LECRENIER, A., TRZCINSKI, T. et DERMINE, E. — Recherche de l'influence de doses croissantes du même équilibre nutritif sur la composition minérale de divers organes du pommier, au cours d'un essai en plein champ. 176
MANIL, P. — Microbiologie et amélioration du sol 195
TONNARD, V. — La phytosociologie sur Saint-Michel 213
DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1954 . . . 225
Livres reçus 235

N° 3.

BALLIGAND, E. — Note sur l'usinage des bois à la scie à ruban . . . 239
BONNET, J. et COPPENS, R. — L'absorption des éléments nutritifs par le houblon 248

BRENY, R. — L'éclosion de l'œuf de *Neodiprion sertifer*, Geoffr. . . . 260
DESCHREIDER, A. R. et RENARD, M. — Les produits de la dégradation du l-tryptophane sous l'action des rayons ultra-violets 269
LENGER, A. — A propos d'une loi mathématique simple concernant la structure équilibrée des peuplements forestiers 284
PECROT, A. — Différentes relations entre l'apparition de la gélivure chez le peuplier euraméricain et les principaux caractères morphologiques du sol en Belgique 301
THOMAS, R. — Des facteurs régissant, sous les tropiques, la répartition des formations forestières 317
TONNARD, V. — L'aide pratique apportée par les photos aériennes . . . 336
Note. — GERLAXHE, S. et CASIMIR, J. — Note concernant la séparation des acides ω aminés par chromatographie sur papier en présence de tampon 352
BIBLIOGRAPHIE 355
COMMUNIQUE. — Concours pour le PRIX PROFESSEUR HENRI ZWAENEPOEL 356

N° 4.

BONNIER, C. — La conservation du *Rhizobium* en sols stériles . . . 359
(*Rhizobium* spécifique des *Trifolium*).
CASIMIR, J. et DETROUX, L. — L'effet de l'humidité, de la température et des désinfectants sur les acides aminés libres du froment 368
DEMORTIER, G. — Théorie relative à la formation des plissements alpins et à la genèse des continents et des océans actuels 378
PIQUER, G. — Utilisation de la lumière artificielle dans l'élevage des plants de tomate en hiver 430
Note. — MANIL, P. et BONNIER, C. — Note concernant l'inoculation des semences de *Trifolium pratense* (Trèfle violet) en Belgique 456
Livres reçus 458

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMELIORATION DES PLANTES

par **V. LATHOUWERS**

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat à Gembloux.

Tome I : L'Amélioration générale — **En réimpression**

Tome II : L'Amélioration du Froment, 580 pp., 66 fig. — **150,00**

LE CHENE PEDONCULE ET LE CHENE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. 283 pp., 54 fig., 1 carte en couleurs, br., **65,00**

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASILIENSIS)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par **M. FERRAND**

Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'INEAC
Directeur du Centre de Recherches de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris.

1 vol. 432 pp., 67 fig., 2 hors-textes — **110,00**

ELEMENTS DE MICROBIOLOGIE GENERALE ET AGRICOLE

par **G. VERPLANCKE**

Chargé de cours à l'Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand.

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig. — **Epuisé**

LES BOVINS

par **J. LAHAYE** et **J. MARCQ**

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem. — *Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.*

Tome I : La Connaissance du Bétail, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig. — **130,00**

Tome II : Vol. 1. Ethnographie. Hygiène. Reproduction. — **En réimpr.**

Vol. 2. Alimentation, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. — **En réimpr.**

TRAITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par **F. LIEGEOIS**

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI - 926 pp., 4e édition, 1955. — **560,00**

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par **R. MEURICE**

Docteur en Sciences,
Directeur de la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8° ill., 280 pp. — **Epuisé**

TRAITE D'ECONOMIE RURALE

par **A. DELOS**

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

Tome I : La Terre, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig., — **br. 50,00**

Tome II : Le Capital d'exploitation, 1 vol. in-8°, 372 pp., — **Epuisé**

PRECIS DE DROIT VETERINAIRE

par **F. LIEGEOIS**

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. in-8°, 332 pp., br. **60,00**

TRAITE COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J. MARCQ** et **E. CORDIEZ**

Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem. — *Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.*

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-textes en quadrichromie, br. **375,00**

LE CHEVAL

par **J. MARCQ** et **J. LAHAYE**

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux. — *Professeur à l'Ecole de médecine vétérinaire, à Cureghem.*

Tome I : Extérieur du Cheval, 304 pp., 193 fig. br. **175,00**

Tome II : Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.
Sous presse

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig. br. **56,00**

ELEMENTS DE PATHOLOGIE VEGETALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Em. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

P. MANIL et **R. VANDERWALLE**

Professeur à l'Instiuut agronomique de l'Etat, à Gembloux. — *Chargé de cours à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.*

1 vol. in-8°, XXIV-540 pp., 205 fig. br. **290,00**

ELEMENTS DE PHYSIOLOGIE VEGETALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Em. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI - 344 pp., 131 fig. br. **225,00**

TRAITE DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig. br. **260,00**

A TRAVERS LES FORETS DE PINSAPO D'ANDALOUSIE

Etude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par **A. BARBEY**

Expert forestier, Docteur ès-Sciences.

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl., br. **40,00**